MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE

3.1. E - I 66 - 81

INSTRUCȚIUNI TEHNOLOGICE DE VERIFICARE PREVENTIVĂ A TRANSFORMATOARELOR DE MĂSURĂ DIN STAȚII ȘI REȚELE

I C E M E N E R G
București - 1984

Lucrare elaborată de: ing. E.Mumjinschi, ing. G. Liceica
şi ing. M. Nestor - ICEMENERG

Tiraj 1528 ex. + 29 ex.
Coli ed.:9,5o. Coli tipo.:9,5o
Format A_5

M.E.E.-ICEMENERG   ol.3.1.EI-66-81

CUPRINS

Pag.

PREZENTAREA INSTRUCȚIUNILOR TEHNOLOGICE DE VERIFICARE PREVENTIVĂ A TRANSFORMATOARELOR DE MĂSURĂ. DOMENIUL DE APLICARE

1. Prezentele instrucțiuni completează "Normativul de încercări și măsurători la echipamente și instalații electrice", PE 116/80 în ceea ce privește:
- metodele de verificare;
- aparatura de încercare și măsură necesară pentru execuția probelor;
- modul de lucru;
- normele specifice de protecție a muncii.

Totodată, prezentele instrucțiuni aduc unele precizări suplimentare față de normativul PE 116/80 în ceea ce privește:
- condițiile de execuție a probelor;
- interpretarea rezultatelor.

2. La elaborarea prezentelor instrucțiuni de verificare preventivă s-au avut în vedere în primul rînd transformatoarele de măsură de 6 - 400 kV fabricate în țară, cu care sînt dotate majoritatea instalațiilor M.E.E. Instrucțiunile respective pot fi utilizate, prin adaptare, și la verificarea preventivă a transformatoarelor de măsură de alte fabricații.

3. Prezentele instrucțiuni se adresează personalului din întreprinderile de centrale și rețele electrice, care execută efectiv verificările preventive ale echipamentului electric de înaltă tensiune. Ele au scopul de a uniformiza aparatura și metodele de măsură adoptate, în vederea obținerii unor rezultate reproductibile care vor facilita comparațiile între transformatoare de măsură de același tip și cu aceeași vechime în exploatare.

4. Instrucțiunile tehnologice de verificare preventivă a transformatoarelor de măsură au fost elaborate în conformitate cu următoarele standarde, normative și instrucțiuni în vigoare:
- STAS 4323-70 - Transformatoare de tensiune. Condiții generale.
- STAS 4324-70 - Transformatoare de curent. Condiții generale.

-PE 116/8o - Normativ de încercări şi măsurători la echipamente şi instalaţii electrice.

-Instrucţiunile de montaj şi exploatare (cărţile tehnice) ale prodeselor, elaborate de furnizorul transformatoarelor de măsură (I.E.P.C.).

5. Faţă de normativul PE 116/8o, în prezentul normativ nu a fost indicată tehnologia de verificare a sarcinii circuitului conectat la bornele secundare ale transformatoarelor de măsură. Această operaţie este efectuată, în mod normal, în exploatare de către personalul PRAM şi nu de către personalul echipelor de încercări, care execută verificările preventive ale echipamentului electric de înaltă tensiune, căruia i se adresează prezentele instrucţiuni.

A. INSTRUCȚIUNILE TEHNOLOGICE DE VERIFICARE PREVENTIVĂ A TRANSFORMATOARELOR DE TENSIUNE

1. CLASIFICAREA TRANSFORMATOARELOR DE TENSIUNE ŞI MARCAREA BORNELOR

Prezentele instrucţiuni au în vedere verificarea preventivă a tuturor tipurilor de transformatoare de tensiune de 6 - 4oo kV, existente în instalaţiile sistemului energetic naţional. Acestea se pot clasifica, după cum urmează:

1.1. Din punct de vedere constructiv:

- monofazate, permiţînd conectarea între o fază şi nulul reţelei (monopolare) sau între două faze (bipolare);
- trifazate, permiţînd conectarea în reţelele trifazate cu sau fără fir neutru.

1.2. Din punct de vedere al condiţiilor de funcţionare:

- pentru exterior, putînd fi montate în instalaţii exterioare în care temperatura ambiantă poate varia, conform STAS 4323-7o, între -3o°C şi +4o°C, iar umiditatea relativă poate fi de loo % la 2o°C;

- pentru interior, putînd fi montate numai în încăperi închise în care temperatura ambiantă variază între - 5°C şi + 4o°C, iar umiditatea relativă nu depăşeşte 7o % la 2o°C.

NOTĂ.
Întrucît instalaţiile în care sînt montate transformatoarele de tensiune de exterior pot fi situate şi în zone poluate, la execuţia fiecărei probe se vor indica măsurile suplimentare ce trebuie luate pentru execuţia probei, în cazul instalaţiilor poluate.

1.3. Din punct de vedere al principiului de funcționare:

- transformatoare inductive, avînd înfășurările primară și secundară bobinate pe același miez magnetic;
- transformatoare capacitive (sau, mai corect, capacitiv inductive), la care transformatorul este format dintr-un divizor capacitiv, la a cărui priză intermediară este racordat un transformator inductiv de medie tensiune.

NOTĂ.

În privința transformatoarelor monofazate-inductive, acestea pot fi cu izolație plină, atunci cînd toate părțile înfășurării primare, inclusiv bornele, sînt izolate față de pămînt la un nivel corespunzător nivelului nominal al izolației sau cu izolație gradată (degresivă), atunci cînd una din extremitățile înfășurării primare este izolată față de pămînt, la un nivel inferior nivelului de izolație nominal.

1.4. Din punct de vedere al izolației de bază:

- transformatoare uscate, la care întreaga construcție sau parțial, numai înfășurarea de înaltă tensiune este înglobată în rășină epoxidică;
- transformatoare în ulei, la care partea activă a transformatorului este inclusă în ulei electroizolant.

În privința transformatoarelor în ulei, utilizate în special în exterior, acestea pot fi cu respirație liberă (uleiul din interiorul cuvei sau carcasei izolante fiind în contact direct cu aerul atmosferic) sau etanșe (etanșarea fiind realizată cu ajutorul unui burduf sau a unei membrane de cauciuc, care preia variațiile de volum ale uleiului din interior).

1.5. După numărul înfășurărilor secundare:

- transformatoare cu o singură înfășurare secundară destinată măsurii și protecției;
- transformatoare cu două înfășurări secundare, la care una din înfășurări este destinată măsurii și protecției, iar cea de-a doua înfășurare, conectată în triunghi deschis, este destinată alimentării protecției homopolare (înfășurare auxiliară);

- transformatoare cu trei înfășurări secundare, pentru măsură, respectiv protecție și protecție homopolară.

1.6. Din punct de vedere al tensiunii primare:

- transformatoare de medie tensiune, de 6-35 kV, conectate în rețele cu neutrul izolat, compensat sau pus la pămînt prin rezistență;
- transformatoare de înaltă tensiune, de 11o-4oo kV conectate în rețele cu neutrul legat efectiv la pămînt.

Principalele tipuri de transformatoare de tensiune fabricate în prezent în țara noastră sînt:

a) pentru medie tensiune:

- transformatoarele TIRM $_o$ 6-35 kV, transformatoare inductive de interior, cu izolație din rășină epoxidică, monofazate, cu izolație degresivă, în execuție veche (TIRM) sau modernizată ($TIRM_o$);
- transformatoarele $TIRM_o$ 6-Glo ... $TIRM_o$24-G35, transformatoare de interior cu izolație din rășini epoxidice, monopolare, cu tensiunea nominală de 6 ... 24 kV, cu gabarit mărit, corespunzător unei clase de izolație superioare (Glo ... G35 kV), pentru montarea la bornele turbo sau hidrogeneratoarelor;
- transformatoarele TIRB $_o$ 6-35 kV, transformatoare inductive de interior, cu izolație din rășini epoxidice, monofazate, bipolare, în execuție veche (TIRB) sau modernizată ($TIRB_o$);
- transformatoarele IBU (TTMU) 6 - 15 kV, transformatoare de interior, monofazate, cu ulei, de 6, lo, 15 kV;
- transformatoare TITU (TTU2) 6 - 15 kV, transformatoare de interior trifazate, cu ulei, de 6, lo, 15 kV;
- transformatoare TEMU (TTMU2) 2o - 35 kV, transformatoare de exterior, monofazate cu ulei, de 2o, 25, 35 kV;
- transformatoare TEBU (TTMU) 2o - 35 kV, transformatoare de exterior, bifazate, cu ulei, de 2o și 25 kV.

b) pentru înaltă tensiune:

- transformatoarele TEMU-11o kV (TTMU-2-11o kV), transformatoare inductive de exterior, monofazate, cu izolație degresivă, în ulei, de 11o kV;

- transformatoarele TECU-110-400 kV, transformatoare capacitive, de exterior, monofazate, în ulei, de de 110, 220, 400 kV.

1.7. Marcarea bornelor

Atît în schemele de măsură, care alimentează aparate pentru măsurarea puterii active şi reactive sau pentru înregistrarea energiei, cît şi în schemele de protecţie care alimentează relee de distanţă, direcţionale sau dispozitive de sincronizare, transformatoarele de tensiune trebuie să asigure nu numai transformarea tensiunii primare cu o eroare garantată, dar şi sensul corect de transformare.

Din acest motiv, bornele primare şi cele secundare ale transformatoarelor de măsură sînt notate în aşa fel, încît curentul în circuitul secundar exterior să treacă în acelaşi sens ca şi cum circuitul ar fi conectat direct la bornele primare.

Conform STAS 4323-70, bornele primare se notează cu litere mari, iar bornele secundare se notează cu aceleaşi litere, însă mici. În cazul existenţei mai multor înfăşurări secundare, literele respctive sînt urmate de indici care precizează numărul înfăşurărilor respective. În aceste condiţii, pentru transformatoarele de fabricaţie IEPC s-au adoptat următoarele moduri de marcare:

- pentru transformatoarele monofazate de tensiune:

A - pentru începutul înfăşurării primare;

N[x] - pentru sfîrşitul înfăşurării primare;

a - pentru începutul înfăşurării secundare, precedat de indicele 1, pentru înfăşurarea de măsură - protecţie şi 2, pentru înfăşurarea auxiliară de protecţie homopolară;

n - pentru sfîrşitul înfăşurării secundare, precedat de indicii 1 şi 2, în cazul transformatoarelor de tensiune cu două înfăşurări secundare;

---

x) În normele mai vechi, sfîrşitul înfăşurării primare se nota cu X, iar al înfăşurării secundare, cu x.

- pentru transformatoarele trifazate de tensiune:

A, B, C - pentru începuturile celor trei faze ale înfăşurării primare;
$N^{(X)}$ - pentru neutrul înfăşurării primare (în cazul în care este conectat la o bornă accesibilă);
a, b, c - pentru începuturile celor trei faze ale înfăşurării secundare de măsură-protecţie;
n - pentru neutrul înfăşurării de măsură-protecţei;
a_1, n_1 - pentru începutul şi sfîrşitul înfăşurării auxiliare de protecţie homopolară.

2. PREGĂTIREA TRANSFORMATOARELOR PENTRU PROBE

Verificarea preventivă a transformatoarelor de tensiune se execută pe bază de autorizaţie de lucru, cu scoaterea parţială de sub tensiune a instalaţiei (celula de măsură sau de linie, în care sînt montate transformatoarele de măsură).

Pe lîngă măsurile tehnice şi organizotorice prevăzute în "Normele de protecţie a muncii pentru instalaţii electric", pentru execuţia acestei categorii de lurcări, în vederea asigurării corectitudinii şi a reproductibilităţii rezultatelor, se impune luarea următoarelor măsuri pregătitoare, înainte de începerea verificărilor:

2.1. Separarea transformatoarelor de măsură de circuitele instalaţiei

Atît în instalaţiile exterioare, cît şi în cele interioare separarea transformatoarelor trebuie efectuată atît pe partea de înaltă tensiune, prin demontarea legăturilor la bornele primare ale transformatoarelor, cît şi pe partea secundară.

Separarea transformatorului pe partea de înaltă tensiune se impune, în special, în cazul verificărilor de izolaţie (măsurarea rezistenţei de izolaţie, a tg δ etc.), pentru a nu măsura în paralel cu obiectul verificat (transformatorul de măsură) şi alte elemente ale staţiei, care pot falsifica măsurarea. Separarea numai prin des-

chiderea separatoarelor este insuficientă, întrucît tg δ a izolatoarelor de porţelan, armate cu chit sau ciment de armare, este mult mai mare decît cea a transformatoarelor de măsură. Aceeaşi falsificare a rezultatelor poate avea loc şi în cazul separării prin deschiderea întreruptorului, din cauza tg δ mult mai mari a uleiului de acţionare al acestuia.

Din acest motiv, în cazul instalaţiilor de 110-400 kV se recomandă demontarea legăturilor de la bornele transformatorului de măsură verificat, scurtcircuitarea legăturilor şi îndepărtarea lor la cel puţin 1 m. de capul transformatorului verificat. Legăturile scurtcircuitate vor fi puse la pămînt.

În staţiile exterioare de 110 - 400 kV, în cazul transformatoarelor de măsură situate sub cîmpul de bare al celulei, pentru reducerea influenţelor electrostatice şi electromagnetice asupra obiectului încercat, în special la măsurarea tg δ, se recomandă punerea la pămînt a cîmpului de bare în două puncte, prin închiderea cuţitelor de punere la pămînt ale separatorului (în celulele în care separatorul este prevăzut cu cuţite de punere la pămînt) sau prin montarea unui scurtcircuitor de punere la pămînt a cîmpului de bare din celulă.

Separarea legăturilor, pe partea de joasă tensiune, de circuitele staţiei se impune atît în cazul probelor de izolaţie care vizează înfăşurările secundare (rezistenţe de izolaţie, măsurarea tg δ în anumite scheme de măsură, încercarea cu tensiune mărită a secundarelor etc.), cît şi în cazul probelor care au drept scop integritatea şi precizia de măsură (măsurarea rezistenţelor ohmice, ridicarea caracteristicilor volt-ampermetrice, verificarea raportului de transformare etc.).

Prezenţa sarcinii secundare exterioare, în cazul acestor probe, conduce la denaturarea rezultatelor şi la imposibilitatea comparării rezultatelor obţinute cu cele din buletinele de fabrică sau cu cele iniţiale.

Înainte de deconectarea legăturilor de la bornele secundare, este necesară etichetarea firelor ce urmează a fi demontate. În acest scop, se pot utiliza etichete din carton sau preşpan, legate cu sfoară la capătul fiecărui fir.

Pe etichetă se trece denumirea exactă a bornei de la care urmează să se dezlege conductorul.

2.2. Verificarea aspectului exterior

Operaţiile de verificare sînt diferite în funcţie de tipul transformatorului de măsură:

a) Pentru transformatoarele cu izolație de hîrtie impregnată cu ulei, în cuvă metalică sau în carcasă izolantă:

- controlul nivelului de ulei, prin urcarea pe scară la nivelul indicatorului de ulei;
- verificarea stării garniturilor la capul trafo și la bază;
- verificarea lipsei fisurilor în carcasa de porțelan sau în cazul bornelor primare și secundare din porțelan;
- verificarea lipsei scurgerilor de ulei la capul trafo sau la bază și controlul strîngerii șuruburilor de fixare;
- verificarea stării bornelor de joasă tensiune (lipsa scurgerilor de ulei pe la garnituri și lipsa fisurării bolțurilor).

În cazul constatării scăderii nivelului de ulei, înainte de începerea probelor, se face completarea transformatorului cu ulei electroizolant TR-3o nou;

b) Pentru transformatoarele cu izolație din rășină epoxidică (uscate):

- controlul stării exterioare a carcasei din rășină epoxidică, pentru depistarea unor eventuale fisuri, crăpături sau urme de arc electric pe suprafața transformatorului;
- controlul stării bornelor primare și secundare.

În cazul în care se constată urme de rugină, clemele se curăță, iar șuruburile și piulițele se înlocuiesc cu altele noi.

2.3. Curățarea transformatoarelor

a) Pentru transformatoarele în ulei, de exterior

Pentru instalațiile situate în zone lipsite de poluare industrială, curățarea constă în simpla ștergere cu o cîrpă curată și uscată atît a capului trafo, cît și a carcasei de porțelan. În cazul scurgerilor de ulei pe carcasă, o curățire bună se poate obține prin ștergerea porțelanului cu o cîrpă înmuiată în benzină de extracție (neofalină) sau alcool industrial.

Pentru instalațiile situate în zone cu poluare industrială, se recomandă execuția probelor cu ocazia operațiilor de reungere a carcaselor de porțelan cu vaselină siliconică sau minerală.

Probele de izolaţie se vor efectua, de preferinţă, după îndepărtarea stratului de vaselină siliconică sau minerală saturat cu depuneri şi înainte de aplicarea noului strat, pentru a nu se falsifica unii parametri ai izolaţiei, ca de exemplu, rezistenţa de izolaţie şi tg δ globală.

În toate cazurile, ştergerea va fi efectuată pînă la îndepărtarea oricărei urme de umezeală de pe suprafaţa carcasei de porţelan.

În privinţa bornelor secundare, acestea se vor şterge cu o cîrpă uscată, pînă la îndepărtarea completă a prafului şi a umidităţii.

b) Pentru transformatoarele în răşină epoxidică de interior

Operaţia de curăţare constă în ştergerea cu o cîrpă curată şi uscată, pînă la îndepărtarea totală a prafului şi umidităţii de pe suprafaţa acestora şi de pe bornele secundare.

2.4. Pregătirea locului de lucru şi măsuri de protecţie a muncii la execuţia probelor

Pregătirea locului de muncă şi execuţia verificărilor preventive la transformatoarele de măsură se va face în conformitate cu "Normele de protecţie a muncii pentru instalaţiile electrice", aprobate cu ordinul M.E.E., nr. 198/5-III-1971, ultima ediţie.

Lucrările de la pct. 7.3.; 7.4.; 7.5.; 7.8.; 7.9.; şi 7.10. din normativul PE 116/80, la care este necesară alimentarea transformatorului dintr-o sursă independentă de tensiune mărită sau este posibilă apariţia înaltei tensiuni pe înfăşurarea primară, ca urmare a alimentării cu joasă tensiune a înfăşurării secundare, necesită respectarea cu stricteţe a cap.16, "Norme de protecţie a muncii specifice la execuţia încercărilor profilactice în instalaţiile electrice de înaltă tensiune de la o sursă independentă de tensiune mărită", din "Normele de protecţie a muncii".

Pentru execuţia verificărilor preventive la transformatoarele de măsură trebuie respectate următoarele măsuri suplimentare:

- Scoaterea de sub tensiune a echipamentului supus reviziei trebuie asigurată din toate părţile, prin separare vizibilă de restul instalaţiei rămasă în funcţiune.

- Zona de lucru se delimitează fizic prin îngrădiri provizorii mobile și va fi prevăzută cu plăcuțe avertizoare.

- În cazul încercărilor în timpul cărora este posibilă apariția pe înfășurarea primară a unor tensiuni mai mari decît tensiunea lui nominală, este absolut necesară demontarea legăturilor de la borne, pentru asigurarea distanțelor minime necesare între părțile sub tensiune ale instalației și transformatorul încercat.

NOTĂ.

Separarea transformatorului prin demontarea legăturilor primare și secundare este impusă, în cazul unor probe, chiar de tehnologia încercării, pentru evitarea erorilor, așa cum s-a și arătat la pct. 2.1.

- În cazul execuției verificărilor cu aparatură de încercări transportabilă, cînd schema de încercare se realizează chiar în imediata apropiere a transformatorului supus probei, atît obiectul încercat, cît și sursa de înaltă tensiune, conductorul de înaltă tensiune, ca și alte elemente ale schemei aflate sub înaltă tensiune în timpul încercării (de exemplu, condensatorul etalon, în cazul măsurării tg δ), se vor îngrădi separat și se vor monta plăcuțe avertivoare cu inscripția "STAI! ÎNALTĂ TENSIUNE"! În timpul încercării, zona respectivă va fi supravegheată în mod deosebit de unul din membrii echipei, care nu va permite accesul, în timpul probei, atît membrilor echipei, cît și altor persoane care nu intră în componența echipei.

Echipa de încercări va fi dotată, în mod obligatoriu, cu ștangă de punere la pămînt, fără rezistențe de limitare. În perioada de pregătire a probei, aceasta este montată pe borna primară a obiectului încercat sau pe borna de înaltă tensiune a sursei de înaltă tensiune. Ștanga se ridică la începerea încercării, la cererea responsabilului de lucrare. La terminarea unei încercări, după deconectarea vizibilă a alimentării schemei de încercare de la rețeua de joasă tensiune, ștanga este pusă pe borna de înaltă tensiune, de către responsabilul de lucrare, care anunță în continuare întreaga echipă că tensiunea înaltă a fost deconectată. Numai după aceea se poate trece la schimbarea conexiunii obiectului încercat sau la demontarea montajului.

3. EXECUȚIA PROBELOR

Probele se execută, de preferință, în ordinea indicată în normativul PE 116/8o.

În stabilirea ordinei probelor s-a avut în vedere frecvența mai ridicată a deteriorărilor de izolație, atît la PIF, cît și în exploatare. Din acest motiv, primele verificări vor fi cele care scot în evidență starea izolației transformatoarelor. Pentru evitarea unor defecțiuni ireversibile (străpungeri ale izolației), verificarea izolației va fi începută cu măsurătorile nedistructive, care pun în evidență starea izolației, și anume:

a) prelevarea uleiului elctroizolant pentru probe, la transformatoarelor cu izolația internă formată din hîrtie-ulei și la care normativul PE 116/8o prevede obligativitatea controlului curent la periodicitățile stabilite;

b) măsurarea rezistenței de izolație a înfășurărilor;

c) măsurarea tg δ globale a izolației transformatoarelor de 11o - 4oo kV, cu izolație internă hîrtie-ulei.

Probele respective sînt sensibile la o degradare în ansamblu a izolației, ca de exemplu: umezirea uleiului sau a hîrtiei electroizolante (în special la transformatoarele cu respirație liberă sau prin filtru cu silicagel), îmbătrînirea termică a hîrtiei electroizolante în ansamblu (mai puțin frecventă la transformatoarele de tensiune, la care creșterea de temperatură datorită sarcinii este foarte redusă), îmbătrînirea uleiului izolant cu formarea de produse polare și reziduuri care degradează și calitatea hîrtiei electroizolante etc.

Numai după ce se constată că transformatorul nu prezintă o degradare în ansamblu a izolației, degradare care poate fi remediată prin recondiționarea transformatorului în atelier (prin uscare și reimpregnare cu ulei), se poate trece la execuția probelor cu tensiune mărită, care au rolul de a pune în evidență eventualele defecte concentrate de izolație, la care încercările nedistructive sînt mai puțin sensibile.

Aceste probe sînt urmate de restul verificărilor impuse la PIF și cu ocazia unor reparații accidentale care au rolul de a verifica integritatea înfășurărilor transformatorului și a miezului magnetic, precum și corectitudinea raportului de transformare etc.

În privința execuției măsurătorilor nedistructive, acestea trebuie făcute, de regulă, asociat. Numai printr-o analiză a tuturor rezultatelor se poate trage o concluzie corectă asupra cauzei degradării izolației și a măsurilor de remediere ce se impun, recondiționarea prin uscare și reimpregnarea cu ulei, recondiționarea prin vidare și înlocuirea uleiului îmbătrînit etc.

În cazul transformatoarelor cu respirație liberă sau prin intermediul filtrului cu silicagel, numai execuția simultană a acestor probe permite tragerea unei concluzii corecte asupra umezirii izolației interne a transformatorului.

În funcție de condițiile ambiante, de situația transformatorului de măsură înainte de începerea probelor (deconectat sau conectat) și de faptul că umiditatea într-un transformator de măsură migrează de la mediul cel mai cald spre mediul mai rece, este posibil ca mediul cel mai umed să fie izolația de hîrtie sau uleiul electroizolant. Execuția parțială a verificărilor nedistructive poate conduce la rezultate eronate.

3.1. Prelevarea uleiului izolant

3.1.1. Scopul probei

La transformatoarele cu izolație internă formată din hîrtie și ulei elctroizolant se execută, după caz, controlul curent sau analiza redusă a uleiului electroizolant, în vederea depistării următoarelor cauza posibile de degradare a acestuia:

- umezirea lui, în contact cu umiditatea ambiantă, mai ales în cazul transformatoarelor cu respirație liberă sau a celor cu filtru cu silicagel incorect exploatat;
- oxidarea (îmbătrînirea) uleiului în prezența oxigenului din atmosfera ambiantă sau dizolvat în ulei, urmată de apariția reziduurilor;
- poluarea lui ca urmare a lipsei acurateței de execuție a transformatoarelor în fabrică, dizolvării în timp a unor materiale care intră în componența transformatorului sau a contaminării lui cu particule solide sau gaze existente în mediul ambiant.

În asociere cu celelalte probe nedistructive, care au în vedere starea izolației globale a transformatorului (rezistențe de izolație și tg δ), verificarea uleiului permite tragerea unor concluzii corecte și în ce privește starea izolației solide, din hîrtie electroizolantă, a transformatorului.

3.1.2. Condițiile specifice impuse la recoltarea probelor

Recoltarea probelor de ulei se face, de regulă, în sezonul cald (aprilie - septembrie), la temperaturi ambiante între 1o° și 3o°C, pe timp uscat și frumos (umiditatea atmosferică relativă, sub 8o %), pentru a se evita contaminarea probei.

Se interzice recoltarea probelor pe timp de ploaie, ceață, brumă, vînt puternic și praf.

Recoltarea probelor de ulei se execută numai la transformatoarele de tensiune inductive de 11o - 22o kV și din cuva inductivă a transformatoarelor capacitive tip TECU - 11o - 4oo kV. Luarea probelor din condensatoarele etanșe ale transformatoarelor capacitive este interzisă.

Recoltarea probei de ulei se face, de preferință, imediat după deconectarea transformatorului (transformatorul de măsură este încă în stare caldă).

În această situație, este de presupus că eventuala umiditate existentă în transformator mai este încă cedată de mediul mai cald (bobinajul), mediului mai rece. (uleiul de transformator).

3.1.3. Modul de recoltare a probei. Dispozitivul de recoltare

Probele se recoltează numai de la bușoanele speciale de golire și luare a probelor de ulei, situate la baza transformatoarelor.

a) Prelevarea uleiului din transformatoarele inductive de tensiune TEMU - 11o kV

- Prelevarea uleiului direct în sticlă:

- se fixează scare necesară electricianului care prelevează uleiul ;
- se deșurubează capacul (de formă hexagonală) cu o cheie reglabilă sau cheie fixă de 32 mm, respectiv de 36 mm (la transformatoarele de fabricație mai veche);
- se șterge cu o cîrpă curată bușonul filetat . Nu se va utiliza bumbac, pentru a nu rămîne scame care ar putea fi antrenate în sticla de recoltare;
- se slăbește șurubul cu cap hexagonal pînă începe să curgă ulei în jet continuu;
- se repetă operația de ștergere, de astă dată cu uleiul care curge;

- se lasă să curgă cel puţin 2 ℓ de ulei;
- se clătesc sticlele cu uleiul care se prelevează;
- se recoltează cantitatea de ulei necesară;
- se fixează dopul sticlei şi se asigură contra căderii;
- se completează transformatorul cu ulei corespunzător.

- Prelevarea uleiului cu un dispozitiv de recoltare auxiliar

În cazul în care nu este posibilă recoltarea uleiului direct în sticlă, datorită distanţei insuficiente dintre buşonul de recoltare şi suportul pe care se fixează transformatorul, se va utiliza un dispozitiv de recoltare a uleiului, care se montează după îndepărtarea capacului hexagonal (fig.3.1.1.).

Operaţiile sînt următoarele:
- se deşurubează capacul şi se şterge cu cîrpa buşonul filetat;
- se deşurubează puţin şurubul 8;
- se montează dispozitivul din detaliul A;
- se introduce o şurubelniţă pentru deşurubarea în continuare a şurubului 8;
- se lasă să curgă o cantitate de minimum 2 ℓ de ulei;
- se clăteşte sticla cu ulei;
- se recoltează cantitatea de ulei necesară, introducînd furtunul în sticlă;
- se fixează dopul sticlei şi se asigură contra căderii;
- se deşurubează dispozitivul de prelevare, se strînge şurubul 8 şi se remontează capacul hexagonal al buşonului de prelevare;
- se completează transformatorul cu ulei pe la partea superioară.

b) Prelevarea uleiului de la transformatoarele capacitive TECU-11o - 4oo kV

La transformatoarele capacitive tip TECU-11o kV este posibilă prelevarea uleiului, fără utilizarea unui dispozitiv auxiliar (fig.3.1.2.).

Pentru prelevarea uleiului sînt necesare următoarele operaţii:
- se fixează scara necesară pentru electricianul care prelevează uleiul ;
- se demontează şuruburile 1 şi 2;

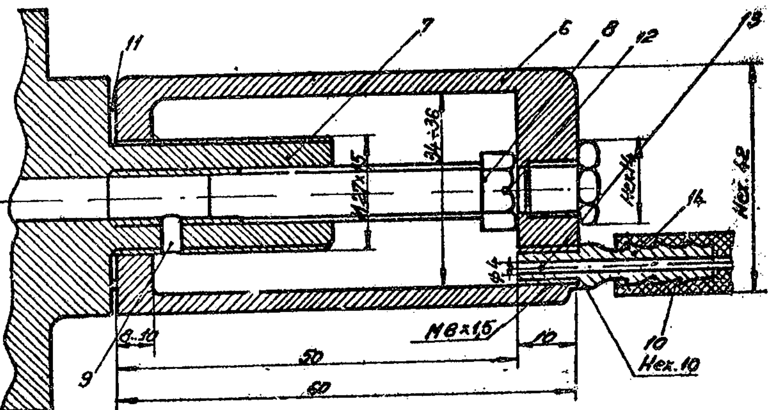


Fig.3.1.1. Prelevarea uleiului de la transformatorul CESU-110 kV; cu ajutorul unui dispozitiv de prelevare auxiliar: 1 – transformatorul; 2 – dispozitivul de prelevare a uleiului; 3 – sticla; 4 – scara; 5 – suportul transformatorului; 6 – capacul hexagonal; 7 – bușonul de recoltare a uleiului; 8 – șurubul cu cap hexagonal; 9 – orificiul pentru scurgerea uleiului; 10 – furtunul din material plastic; 11 – garnitura; 12 – crestătura pentru șurubelniță; 13 – orificiul de scurgere a uleiului; 14 – ștuțul.

Notă.-reperele 7, 8, 9 sînt existente;
-crestătura 12 se va face pe loc, cu ferăstrău metalic;
-piesa 6 se va strînge pe garnitură, încît reperul 13 să fie în jos.

- se îndepărtează capacul 3;
- se şterg cu cîrpa uscată buşonul şi şurubul 4 (nu se va folosi bumbac);

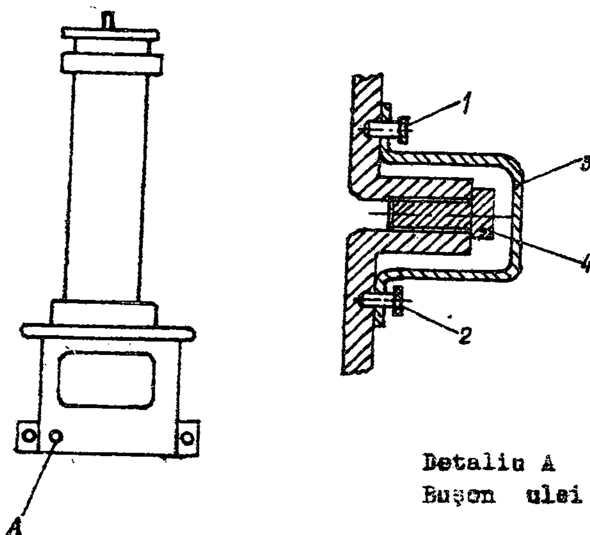


Fig.3.1.2. Prelevarea uleiului de la transformatoarele TECU - 110 - 400 kV: 1,2 - şuruburile; 3 - capacul; 4 - şurubul de prelevare a uleiului.

- se demontează buşonul de completare cu ulei de pe capacul cuvei, situat deasupra tubului eclator, pentru a permite pătrunderea aerului pe la partea superioară a cuvei, încît să fie posibilă scurgerea uleiului pe la buşonul aflat la partea inferioară;
- se demontează şurubul 4;
- se lasă să curgă cel puţin 2 ℓ de ulei;
- se clătesc sticlele cu uleiul care se prelevează;
- se recoltează cantitatea de ulei necesară;
- se fixează dopul la sticlă şi se asigură contra căderii;
- se strîng şurubul 4 şi capacul 3;
- se completează uleiul din cuvă;
- se remontează buşonul de deasupra tubului eclator.

Probele de ulei se recoltează în sticle curate, de preferință de culoare închisă, cu capacitatea de 1 ℓ, cu dop șlefuit (conform STAS 2336-60).

După prelevare, sticlele vor fi duse în timp cît mai scurt la laboratorul chimic sau electric, care va executa analizele.

Pentru o ușoară identificarea a probei, sticla de ulei va fi prevăzută cu următoarea etichetă, lipită pe sticlă sau fixată de gîtul sticlei cu sfoară sau cu sîrmă:

I.R.E.	Data recoltării ....
Stația	Prijelul recoltării
Celula	Transformatorul
Tipul trafo	- în funcțiune
Faza	- în rezervă
Seria	Numele celui care a recoltat proba
Anul de fabricație	

3.1.4. Măsurile specifice de protecție a muncii sînt:

- schema se va monta numai după scoaterea de sub tensiune a transformatorului, după separarea lui vizibilă de restul instalației și montarea scurtcircuitorului la borna de înaltă tensiune a transformatorului sau pe cordoanele de legătură primare;
- scara se va asigura, contra căderii, de către un alt membru al echipei;
- în timpul prelevării probei, în cazul transformatoarelor montate la o înălțime mai mare decît 3 m, electricianul care prelevează proba va fi asigurat contra căderii, prin utilizarea centurii de siguranță fixată de transformatorul de măsură respectiv.

NOTĂ.

La transformatoarele de tensiune inductive și capacitive se interzice prelevarea probelor de ulei cu transformatorul în funcțiune, din următoarele motive:

- nu se pot asigura distanțele de izolare prescrise prin "Normele de protecție a muncii", cap. V , între părțile sub tensiune și locul de muncă;
- în cazul în care transformatorul are înainte de prelevare un nivel de ulei scăzut, este posibil ca în

timpul prelevării probei să se producă o amorsare în interiorul transformatorului, urmată de explozia transformatorului.

3.2. Măsurarea rezistenței de izolație a înfășurărilor

3.2.1. Scopul probei

Măsurarea are drept scop determinarea modificărilor care intervin în izolația transformatoarelor de măsură, ca urmare a transportării, depozitării necorespunzătoare sau a solicitării ei în exploatare.

În curent continuu, ca orice dielectric industrial, izolația formată din hîrtie electrotehnică și ulei electroizolant are o rezistență de izolație finită, permițînd trecerea unui curent de conducție permanent, chiar după ce fenomenul de polarizare instantanee sau lentă a dielectricului s-a produs (curentul de absorbție prin dielectric a devenit nul).

În exploatare, în locul curentului care străbate dielectricul, se preferă măsurarea rezistenței în curent continuu, la o tensiune de măsură dată, care poartă numele de rezistență de izolație.

Scăderea rezistenței de izolație în exploatare poate datora următoarelor cauze:

- umezirea parțială sau totală, în timp, a izolației;
- impurificarea izolației interne a transformatoarelor de măsură cu produsele rezultate ca urmare a degradării uleiului electroizolant, în timp;
- existența unei căi conductoare, sub forma unui traseu carbonizat, al unei conturnări sau străpungeri.

3.2.2. Aparatura și metodologia de măsură

Măsurarea rezistenței de izolație la PIF și în exploatare se execută, în principal, cu următoarele aparate:

- megohmmetrul de 25oo V;
- aparatul pentru măsurarea rezistenței de izolație tip XS - 1 (Ganz).

A) Execuția măsurării cu megohmmetrul de 25oo V

Pentru măsurare se pot utiliza megohmmetrele cu manivelă, de 25oo V, de fabricație sovietică, de tip MS-o5; MS-o6 și MS-o8.

Schema de principiu a megohmmetrului este dată în fig. 3.2.1.

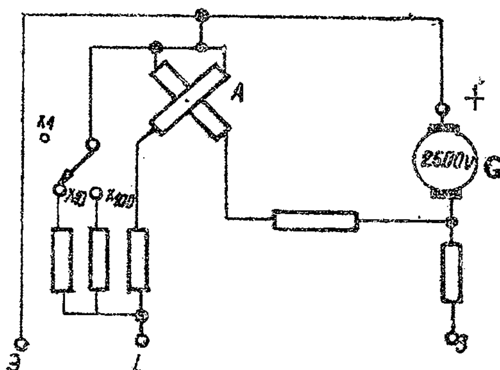


Fig.3.2.1. - Schema de principiu a megohmmetrului MS-o6: G - generatorul de curent continuu cu manivela cu turația constantă de 12o rotații/minut; A - aparatul indicator, de tip logometru magnetoelectric, etalonat direct în megohmi; L - borna de linie a aparatului; z - borna de pămînt; Э - borna ecran pentru devierea curenților de fugă adiționali.

Pentru conectarea megohmmetrului la transformatorul de măsură verificat, se utilizează cordoanele proprii ale aparatului.

În cazul în care nu mai există cordoanele originale, ele se pot confecționa din conductor de bujie VAL sau VAY. Cordoanele vor fi prevăzute cu papuci la ambele capate.

Pentru operativitate, măsurarea se poate efectua prin atingerea bornelor obiectului verificat. În acest caz, se pot utiliza testeri special confecționați, care se fixează la cordoanele de măsură În fig. 3.2.2. este prezentat un astfel de tester.

Testerii se pot confecționa din bachelită, plexiglas, PVC, vinidur, duramid etc.

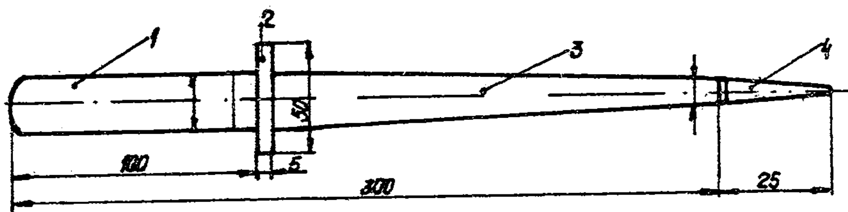


Fig. 3.2.2. Tester (ştangă) pentru măsurarea rezistenţei de izolaţie: 1 - mînerul izolant; 2 - opritorul; 3 - partea izolantă; 4 - vîrful metalic asamblat prin înşurubare.

Schema principală de conectare a megohmmetrului la verificarea transformatorului de măsură verificat este dată în fig. 3.2.3.

B) Execuţia măsurării cu aparatul pentru măsurarea rezistenţei de izolaţie tip XS - 1 (Ganz)

Aparatul este un ohmmetru cu citire directă, care permite măsurarea intensităţii curentului la o tensiune continuă dată.

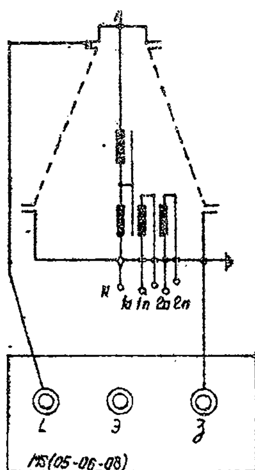
El se compune dintr-o sursă formată dintr-un redresor multiplicator de tensiune tranzistorizat care furnizează tensiunea de încercare stabilizată, şi un circuit de măsură.

Aparatul poate furniza trei tensiuni de măsură a rezistenţei de izolaţie: de 1ooo V; 25oo V şi 5ooo V.

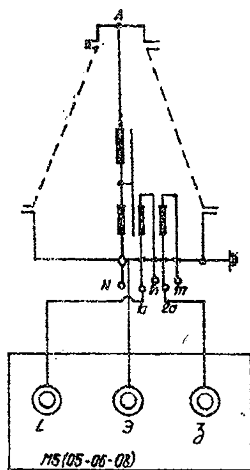
Una din schemele de conectare a aparatului pentru măsurarea rezistenţei de izolaţie la transformatorul de măsură verificat este dată în fig. 3.2.4., celelalte scheme fiind similare celor din fig. 3.2.3.

3.2.3. Condiţiile de execuţie a probei sînt:

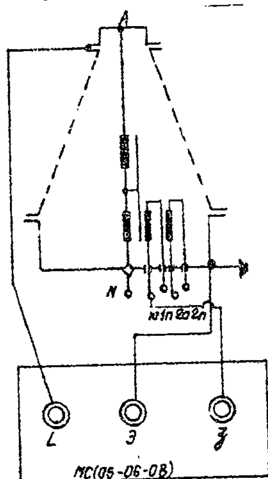
- măsurarea se execută numai după deconectarea tuturor legăturilor externe primare şi secundare;
- megohmmetrul se plasează în imediata vecinătate a locului de montaj al transformatorului de măsură;
- măsurarea în conexiunea înaltă tensiune- cuvă (soclu metalic) se efectuează numai la transformatoarele la care capătul inferior al înfăşurării de înaltă ten-



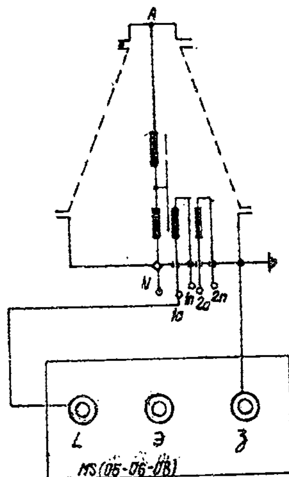
a) Între înfăşurarea de înaltă tensiune şi soclu (cuvă)



c) Între secundare



b) Între înfăşurarea de înaltă tensiune şi secundare



d) Între fiecare secundar şi cuvă

Fig.3.2.3. Măsurarea rezistenţei de izolaţie la transformatoarele de tensiune, cu megohmmetrul cu manivelă.

siune se poate izola, prin demontarea legăturii flexibile dintre borna la care este conectat acest capăt și borna de conectare la pămînt. După efectuarea probei, se va reface obligatoriu această legătură (de exemplu: TEMU - 11o kV, modernizat);

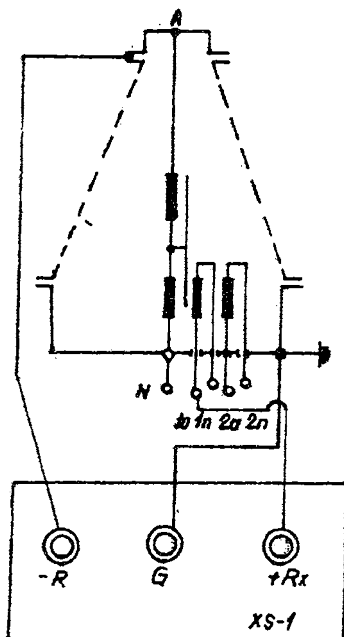


Fig.3.2.4. Măsurarea rezistenței de izolație la transformatoarele de tensiune, cu aparatul XS-1.

- nu se poate efectua măsurarea, în această conexiune, la transformatoarele tip TIRM-6 - 35 kV și la transformatoarele TEMU-11o kV, nemodernizate;
- la transformatoarele TECU-11o - 4oo kV se va efectua numai măsurarea între conexiunile secundare-cuvă și între secundare;
- megohmmetrul se va așeza, în timpul încercării, pe o platformă izolantă uscată;
- în timpul încercării, cordoanele se vor suspenda în aer, nu se vor atinge între ele și nici de alte obiecte aflate pe pămînt;
- așa cum rezultă din fig.3.2.3.b și c, în cazul măsurării rezistenței de izolație între înfășurări, pentru reducerea erorilor datorită curenților de scurgere adiționali (curenți de fugă pe suprafața carcasei de porțelan, curenți de scurgere prin izolația înfășurărilor spre cuvă etc.) care pot șunta circuitul bobinei serie a aparatului, se recomandă conectarea cuvei metalice (soclului) a transformatorului la borna ECRAN a megohmmetrului.

În cazul măsurării unor rezistențe de izolație scăzute, legarea cuvei la borna „ecran" permite aducerea unor precizări în privința cauzei scăderii izolației, și anume, umezirea izolației interne, murdărirea sau umezirea bornelor secundare etc.;

- înainte de începerea măsurării, se verifică starea megohmmetrului, și anume, indicarea valorii "zero", la legarea în scurtcircuit a bornelor "linie" și "pămînt" și indicarea valorii "infinit", la funcționarea

în gol a megohmmetrului (cu bornele libere). În caz de necesitate, se reglează poziția zero a acului indicator;

- măsurarea constă în verificarea succesivă a rezistenței de izolație dintre fiecare înfășurare și soclul metalic (cuvă), precum și între înfășurări, utilizîndu-se, după caz, schemele din fig.3.2.3.a, b, c sau d;
- în cazul în care unul din punctele între care se efectuează măsurarea este conectat rigid la pămînt, acesta se va lega la borna "pămînt" (Z).

3.2.4. Interpretarea rezultatelor

Atît curentul de conducție, cît și rezistența de izolație a unui dielectric depind de dimensiunile lui geometrice. Din acest motiv, pentru compararea valorilor obținute la PIF și în exploatare, ar trebui normate valori limită nu numai pentru fiecare tip de transformator de măsură în parte, dar chiar și pentru fiecare schemă de măsură posibilă. Avînd în vedere aceste aspecte, valorile măsurate pentru rezistența de izolație nu se pot compara decît cu valori măsurate anterior pe același aparat sau pe aparate de același tip.

În interpretarea rezultatelor trebuie să se țină seama de temperatura transformatorului în momentul măsurării, știut fiind că rezistența de izolație scade relativ mult odată cu creșterea temperaturii. Din acest motiv, se recomandă efectuarea măsurătorilor la temperaturi cuprinse între 1o și 3o°C.

3.2.5. Măsuri specifice de protecție a muncii

Întrucît tensiunea de încercare, în cazul măsurării rezistenței de izolație, este de 2,5 kV, se respectă normele de protecție a muncii, specifice la încercarea cu tensiune mărită.

După pregătirea aparatului pentru probe, se trece la execuția măsurării rezistenței de izolație, după metodologia de la pct. A.

3.3. Măsurarea tangentei unghiului de pierderi dielectrice (tg δ) ale izolației principale

Conform notmativului PE 116/8o, proba se execută la transformatoarele de tensiune inductive de 11o-22o kV cu izolație de hîrtie - ulei. Întrucît aparatura exis-

tentă în cadrul întreprinderilor de exploatare nu permite realizarea unei scheme de măsuri adecvată pentru transformatoarele capacitive tip TECU - 110 - 400 kV, această probă, deşi se execută la livrarea din fabrică, valoarea tg δ a izolaţiei globale fiind trecută în buletin, nu se execută la PIF sau în exploatare.

Ca şi la celelalte probe, care au drept scop stabilirea modificărilor intervenite în starea generală a izolaţiei transformatoarelor cu izolaţie de hîrtie-ulei (rezistenţa de izolaţie şi calitatea uleiului electroizolant), măsurarea tg δ are drept scop depistarea, în principal, a unei eventuale umeziri a izolaţiei interne a transformatoarelor de măsură, în special în cazul transformatoarelor cu respiraţie liberă, la care uleiul electroizolant este în contact direct cu aerul atmosferic (transformatorul de tensiune TEMU - 110 kV, fabricat în trecut) sau prin intermediul unui filtru cu silicagel (transformatorul de tensiune TEMU - 110 kV modernizat, fabricat după 1974, sau transformatoarele TEMU - 110 kV, recondiţionate în atelierele proprii).

Tangenta unghiului de pierderi dielectrice, cunoscută în literatura de specialitate şi sub denumirea de factorul de pierderi dielectrice, este definită prin raportul dintre componenta activă şi reactivă a curentului care străbate un material electroizolant:

$$\mathrm{tg}\ \delta = \frac{I_a}{I_r}.$$

În cazul hîrtiei electroizolante impregnate cu ulei şi umezită, componenta activă a curentului ce străbate izolaţia creşte mult, conducînd la o creştere proporţională a tg δ.

Întrucît, în funcţie de condiţiile ambiante şi de încărcarea transformatorului, mediul cel mai umed poate fi izolaţia de hîrtie sau uleiul electroizolant, este necesar că toate probele care vizează umezirea transformatorului, şi anume: rezistenţa de izolaţie, prelevarea uleiului pentru verificarea rigidităţii dielectrice, măsurarea tg δ să se facă asociat.

La echipamentele cu izolaţia internă formată din hîrtie electroizolantă impregnată cu ulei, tg δ pune în evidenţă, în egală măsură, modificările intervenite ca urmare a îmbătrînirii termice a hîrtiei electroizo-

lante. În cazul transformatoarelor de măsură şi, în special, al transformatoarelor de tensiune, la care supraîncălzirea, datorită curentului de sarcină, este foarte scăzută, principalul factor care influenţează tg δ în exploatare este umiditatea.

Un alt factor care influenţează în mare măsură factorul global de pierderi dielectrice ale transformatoarelor de măsură este calitatea uleiului electroizolant cu care acestea sînt umplute, ca urmare a oxidării lui, în prezenţa oxigenului, sau a umezirii lui peste anumite limite, în prezenţa umidităţii ambiante.

Din acest motiv, analiza rezultatelor verificărilor de izolaţie trebuie făcută pe ansamblul probelor nedistructive.

3.3.1. Scheme care permit măsurarea factorului de pierderi dielectrice la transformatoarele de tensiune inductive TEMU - 110 kV

Spre deosebire de alte echipamente la care măsurarea tg δ se poate executa într-o conexiune normală, în cazul transformatoarelor TEMU - 110 kV această măsurare este foarte dificilă, din cauza particularităţilor constructive ale transformatorului, şi anume:

- izolaţia degresivă a înfăşurării de înaltă tensiune, care nu permite scurtcircuitarea înfăşurării respective şi punerea ei sub tensiune înaltă;
- legarea capătului, cu izolaţia degresivă, al înfăşurării de înaltă tensiune direct la cuvă (în cazul transformatorului TEMU - 110 kV, de tip vechi), fără posibilitatea separării lui pentru măsurări;
- valorile foarte scăzute ale capacităţilor dintre înfăşurarea de înaltă tensiune şi înfăşurările de joasă tensiune (de ordinul 5-15 pF) ieşind din domeniul de măsură al punţilor obşnuite (MD-16, R-595 etc.).

În ceea ce priveşte cel de-al doilea dezavantaj, el a fost parţial corectat în cazul transformatorului TEMU - 110 kV modernizat, în prezent, la acest tip de transformator, capătul cu izolaţie degresivă al înfăşurării de înaltă tensiune fiind adus la o bornă specială N, izolată faţă de cuvă, pentru o tensiune de încercare de 2 kV - 1 min , fără însă a se izola soclul faţă de pămînt.

a) Scheme care permit măsurarea tg δ la transformatoarele cu izolaţie degresivă (fig.3.3.1.)

În literatura de specialitate s-a demonstrat că, în cazul transformatoarelor de tensiune cu izolaţie de-

gresivă , pentru măsurarea tg δ nu se poate aplica decît o schemă de măsură, cu transformatorul de verificat excitat magnetic în condiţii normale de cîmp. Schema se încadrează în categoria schemelor „aproape fără erori", fiind utilizată şi la alte echipamente, pentru măsurări de laborator sau pe teren. Deşi în cazul utilizării schemei cu transformatorul de măsură excitat magnetic capacitatea de verificat este conectată în paralel cu impedanţa de mers în gol a transformatorului, ambele fiind în serie cu impedanţa de dispersie a transformatorului, erorile la măsurarea tg δ pot fi considerate neglijabile . Astfel, pentru valori uzuale ale impedanţei de mers în gol şi de dispersie ale transformatoarelor de tensiune inductive, erorile la măsurare a tg δ sînt aproximativ de următorul ordin de mărime:

tg δ real	tg δ măsurat	ε, %
0,005	0,00484	- 3,2 %
0,050	0,04986	- 0,18 %

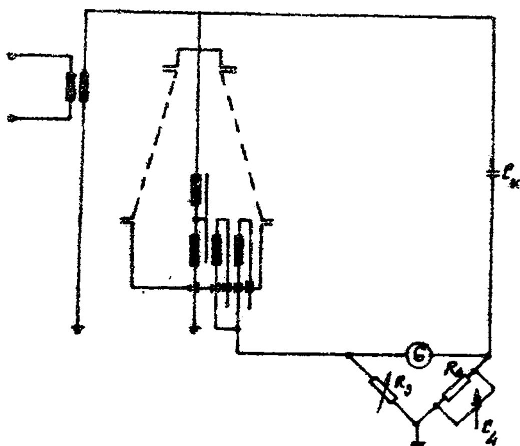


Fig. 3.3.1. Măsurarea tg δ la transformatorul de tensiune excitat magnetic, în condiţii normale de cîmp.

Eroarea de măsură este de acelaşi ordin de mărime atît în cazul măsurării tg δ a izolaţiei dintre înfăşurarea de înaltă tensiune şi înfăşurarea de joasă tensiune, cît şi în cazul izolaţiei dintre înfăşurarea de înaltă tensiune şi cuvă.

Dintre factorii care conduc, totuşi, la mărirea erorii de măsură fac parte:

- poluarea suprafeţei exterioare a carcasei de porţelan;
- murdărirea sau umezirea bornelor secundare.

În ceea ce priveşte poluarea suprafeţei exterioare a carcasei de porţelan, aceasta se face simţită mai ales în cazul măsurării tg δ, după schema: înfăşurarea de î.t. - cuvă (înfăşurarea de j.t. la pămînt), cînd rezistenţa stratului poluant (R_p) şi capacitatea sa (C_p) sînt în paralel cu capacitatea de măsurat (C_x) (fig. 3.3.2.).

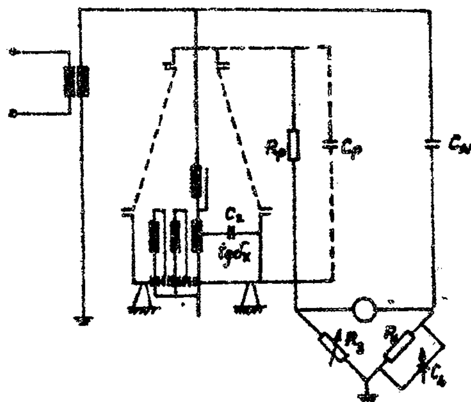


Fig.3.3.2. Influenţa stratului de depuneri pe suprafaţa porţelanului, în cazul măsurării tg δ.

Pentru evitarea erorilor, care pot fi apreciabile, este necesar ca, înainte de efectuarea măsurării tg δ, să se curețe suprafaţa izolatorului de porţelan.

Starea bornelor înfăşurării de joasă tensiune are influenţă în special în cazul măsurării tg δ, după schema: înfăşurarea de î.t. - secundar 1 + secundar 2, cuva la pămînt (fig.3.3.3.).

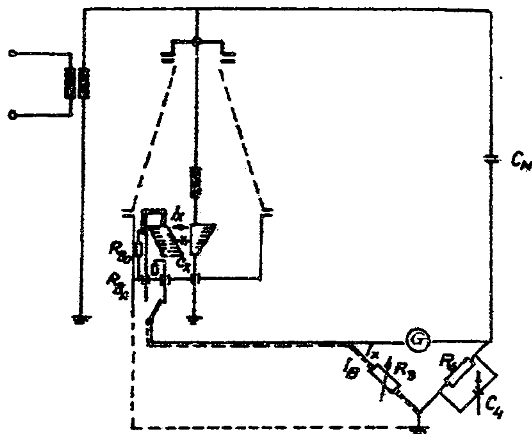


Fig.3.3.3. Influența stării bornelor înfășurării de joasă tensiune.

La transformatoarele de tensiune excitate magnetic distribuția tensiunii pe înfășurările de înaltă și joasă tensiune este ca în figura 3.3.3. În cazul aducerii la punte a legăturii de la borna "x", borna "a" se găsește sub potențialul maxim, ceea ce permite trecerea prin rezistența de izolație a bornei "a" (R_{Ba}) a curentului I_B. Acest curent se adaugă la curentul care trece prin capacitatea C_x măsurată, denaturînd măsurarea într-o oarecare măsură. Din calculele efectuate, rezultă că în cazul unei rezistențe R_{Ba} de minimum 30 MΩ eroarea; în ceea ce privește tg δ măsurată, este mai mică de $\pm$ $10 \cdot 10^{-3}$. Totuși, pentru a se preveni erorile posibile în cazul măsurării cu această schemă, este necesar să se ia următoarele măsuri:

- curățarea și uscarea bornelor de joasă tensiune;
- executarea măsurării în două variante, și anume: aducînd mai întîi borna "a" la punte și executînd o a doua măsurare cu borna "n" la punte . În cel de-al doilea

caz, curentul I_B avînd sensul schimbat, valoarea tg δ reală va fi dată de expresia:

$$tg\,\delta_{reală} = \frac{tg\,\delta_I + tg\,\delta_{II}}{2}$$

b) <u>Scheme care permit măsurarea unor capacităţi mici</u>

Avînd în vedere că transformatoarele TEMU - 11o kV au capacităţi mici atît între înfăşurarea de înaltă tensiune şi înfăşurările de joasă tensiune, cît şi între înfăşurarea de înaltă tensiune şi cuvă, acestea ies din domeniul de măsură al punţilor obişnuite (la puntea R - 595 şi MD - 16 limita inferioară pentru măsurarea lui C_x este de 16,6 pF). O schemă care permite extinderea domeniului de măsurare în cazul capacităţilor mici este schema cu rezistenţele R_3 şi R_4 ale punţii inversate (fig.3.3.4.). În acest caz, rezistenţa R_3 reglabilă este în paralel cu condensatorul variabil C_4. La echilibru, se obţin următoarele valori pentru C_x şi tg δ:

$$C_x = C_N \frac{R_3}{R_4},$$

$$tg\,\delta = (R_3 + 1) \cdot \omega C_4 = 314\,(R_3 + 1)\,C_4,$$

în care:

R_3 este dat în ohmi, iar C_4, în farazi.

Cum decadele condensatorului variabil C_4 sînt gradate direct în tg δ, %, pentru obţinerea capacităţii în farazi, se vor face următoarele transformări:

Decada I tg δ = 1o ... 6o%, C_4 = (o,1 ... o,6).1o^{-6} F;
Decada II tg δ = 1 ... 1o%, C_4 = (o,o1... o,1).1o^{-6} F;
Decada III tg δ = o,1... 1 %, C_4 = (o,oo1 ...o,o1).1o^{-6} F.

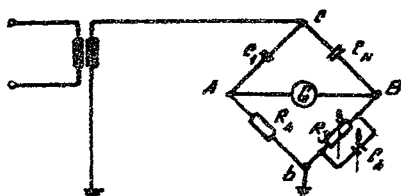


Fig. 3.3.4. Schema punții cu rezistențele R_3 și R_4 inversate.

Această schemă este dată ca schemă obișnuită de lucru pentru unele punți, însă experimentările comparative efectuate prin modificarea punților obișnuite, existente în unitățile de exploatare, au arătat că nu se introduc erori suplimentare prea mari, în cazul utilizării acestei scheme de măsură.

c) <u>Conexiunea transformatorului de măsurat</u>

Pentru verificarea transformatoarelor de tensiune TEMU - 110 kV se poate adopta o schemă pentru măsurarea tg δ, parțială sau globală, în funcție de scopul urmărit (stabilirea gradului de umezire a izolației de hîrtie a uleiului sau indicații globale asupra stării izolației transformatorului).

Schemele de măsură posibile sînt date în fig.3.3.5.

În fig.3.3.5.a. este dată schema de măsură a tg δ între înfășurarea de înaltă tensiune și primul secundar (borna a), utilizată de către fabrica IEPC la verificarea tg δ la transformatoarele TEMU - 110 kV. În buletinul de fabrică este indicată valoarea tg δ pentru această conexiune, măsurată la 60 kV. Deoarece capacitatea măsurată în acest caz este foarte mică (4-7 pF), în exploatare se recomandă utilizarea schemei de măsură 3.3.5.b cu ambele secundare racordate la pct.A al punții, caz în care valoarea capacității măsurate este mai mare. Pentru eliminarea erorilor datorate stării bornelor, se recomandă executarea a două măsurări:

I. înfășurarea de î.t. - sec 1 (a_1) + sec 2 (a_2),

II. înfășurarea de î.t. - sec 1 (n_1) + sec 2 (n_2),

tg δ real fiind media aritmetică a celor două determinări.

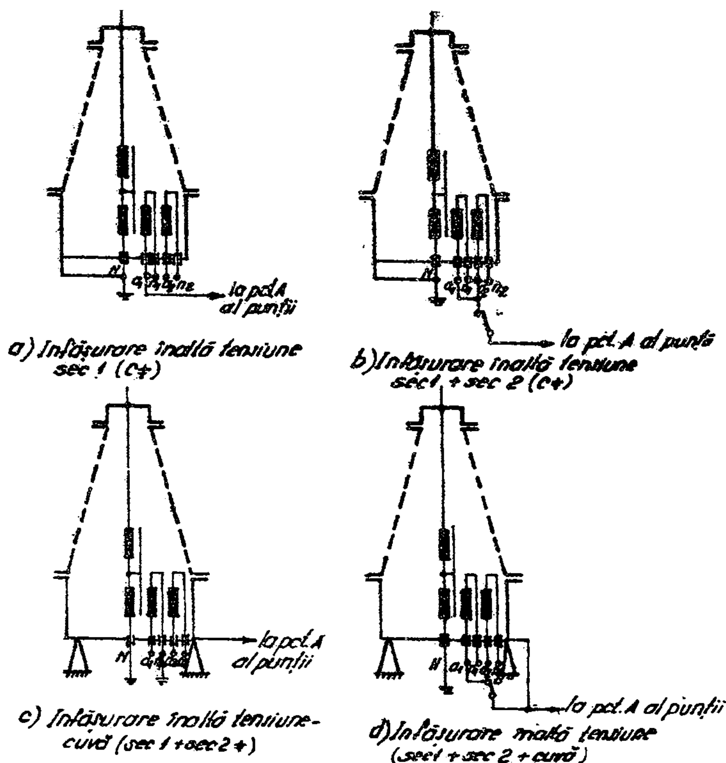


Fig. 3.3.5. Conexiunea transformatorului pentru măsurarea tg δ .

În ceea ce priveşte schema 3.3.5.c., nu este cazul să fie folosită în exploatare, indicaţii mai bune asupra stării uleiului putînd da măsurarea separată a tg δ a uleiului.

Schema de la fig.3.3.5.d., care oferă sensibilitatea cea mai mare, reprezentînd o măsurare globală şi care s-ar putea executa şi într-o schemă normală a punţii MD-16 sau R-595, nu se poate aplica în exploatare, transformatorul neavînd cuva izolată faţă de pămînt.

Măsurarea este posibilă ca probă suplimentară în Atelierele de reparații transformatoare, pentru montarea transformatorului fiind necesară o izolare pentru 2kV-1 min (lo MΩ).

Pentru măsurarea în exploatare, se recomandă ca la punerea în funcțiune să se execute măsurarea după schemele 3.3.5.a. și 3.3.5.b., urmînd ca la verificările preventive ulterioare să se execute măsurarea numai după schemele 3.3.5.b.

În privința influențelor datorate cîmpurilor exterioare, schema se comportă ca orice schemă normală, influențele fiind mai mici decît în cazul măsurării transformatoarelor de curent cu schema punții inversate.

Totuși, acolo unde există părți ale instalației sub înaltă tensiune la distanțe mai mici de 6-8 m față de obiectul încercat sau atunci cînd nu se poate obține o echilibrare completă a punții, este necesar să se ia măsuri de reducere a influențelor, și anume:

- schimbarea sensului curentului de alimentare a schemei (schimbarea fazei cu nulul);
- schimbarea polarității indicatorului de nul.

În acest caz, fiecare din determinări pentru conexiunile:

î.t. - a_1 + a_2 (soclu la pămînt) și

î.t. - n_1 + n_2 (soclu la pămînt),

va fi media a patru valori calculate cu formulele de la pct.b.

În cazul în care aceste soluții nu sînt suficiente, obținîndu-se în continuare valori disparate pentru R_3 și C_4, se va trece la schimbarea fazei tensiunii de alimentare, la rotirea sau mutarea punții și, ca o ultimă măsură, la deconectarea circuitului care provoacă perturbațiile.

3.3.3. Condițiile în care se execută măsurarea

Condițiile în care se execută măsurarea tg δ la transformatoarele de măsură sînt date în normativul PE 116/8o.

Față de acestea, trebuie făcute în plus următoarele precizări:

a. măsurarea se execută numai după ce toate legăturile exteriore la transformatorul ce urmează a fi verificat, atît pe partea primară, cît și pe cea secundară, au fost îndepărtate;

b. măsurarea se execută numai pe timp frumos şi uscat (temperatura ambiantă mai mare de 10°C şi umiditatea sub 80 %), în caz contrar, rezultatele putînd fi eronate datorită umezirii bornelor secundare sau a carcasei de porţelan.

În timpul probei este necesar ca temperatura uleiului din transformator să fie cuprinsă între 10 şi 30°C, valori limită prevăzute în normativ. Măsurarea exactă a temperaturii uleiului nu este necesară, ea putînd fi apreciată în funcţie de următorii factori:

- temperatura ambiantă;
- timpul scurs de la deconectarea celulei pînă la execuţia probei. Trebuie menţionat că, în cazul transformatoarelor de tensiune, supratemperatura datorată sarcinii transformatorului este relativ mică, măsurătorile putînd fi începute, practic, imediat după deconectare.

Nu se pot executa măsurători pe timp de burniţă, ceaţă, rouă, brumă etc.;

c. înainte de începerea măsurării, se curăţă suprafaţa carcasei de porţelan, de preferinţă cu alcool, şi se şterg bornele de joasă tensiune, pînă la uscarea lor completă ;

d. în mod normal, măsurarea tg δ trebuie făcută la tensiunea nominală a transformatorului, aceasta fiind, de obicei, tensiunea la care se fac determinările şi în fabrică.

În lipsa unor condensatoare etalon, transportabile pentru această tensiune, măsurarea în exploatare se va face la tensiunea de 10 kV, pentru transformatoarele de măsură de 110 kV.

La atelierele de transformatoare, care pot fi dotate cu condensatoare etalon de înaltă tensiune, este necesar ca măsurarea să se execute la 10 kV şi la tensiunea nominală a obiectului încercat;

e. toate obiectele sau aparatele aflate în apropierea transformatorului ce urmează a fi verificat, inclusiv cordoanele de legătură deconectate se pun la pămînt.

3.3.4. Execuţia măsurării

Avînd în vedere capacitatea redusă a obiectului măsurat, pentru verificarea acestor transformatoare este necesar să se utilizeze punţi pentru măsurarea tg δ,

cu un domeniu extins pentru capacităţi mici, foarte bine ecranate, astfel încît influenţa capacităţilor parazite să fie cît mai redusă. În lipsa acestora, se pot utiliza punţile de teren obişnuite, care, prin mici modificări sau artificii, pot permite verificarea transformatoarelor de tensiune de acest tip, la o tensiune de măsură de 10 kV, cu o eroare care nu depăşeşte 20 %.

Pentru alimentarea schemei se utilizează un montaj similar cu cel utilizat pentru încercarea cu tensiune aplicată a înfăşurării de înaltă tensiune, indicat în fig.3.3.6., în care:

- S este heblul bipolar de 10 A - 220 V, pentru inversarea sensului tensiunii de alimentare;
- F - siguranţele fuzibile de 10 A - 220 V;
- I - întreruptorul automat ISOL-100, 16 A-220 V;
- ATR - transformatorul reglabil ATR - 8 : 8 A - 220/0 ... 220 V;
- TIT - transformatorul de alimentare cu înaltă tensiune:
  - NOM - 10; 10000/100 V - 500 VA(URSS)sau
  - TAD - 10; 10000V-10 kVA (ICEMENERG)sau
  - TEBU -20 kV; 20000/100 V (I.E.P.C.).

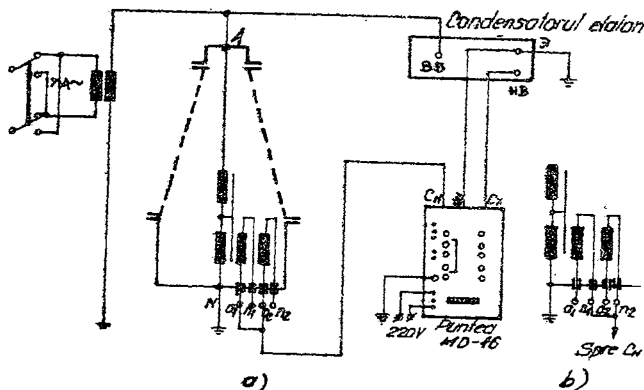


Fig.3.3.6. Măsurarea tg δ la transformatoarele de tensiune TEMU - 110 kV de tip vechi, folosind puntea MD - 16 în schemă cu rezistenţele R_3 şi R_4 inversate.

a. <u>Măsurarea tg δ cu puntea MD-16</u>

Pentru măsurare se utilizează puntea MD-16 şi condensatorul de 5o pF - 1o kV.

Pregătirea transformatorului pentru măsurarea tg δ constă în:

- dezlegarea cordoanelor de legătură de la borna primară a transformatorului;
- desfacerea legăturilor pe partea secundară;
- legarea începutului primei înfăşurări secundare (a_1) cu începutul celei de a doua înfăşurări secundare (a_2), bornele n_1 şi n_2 fiind libere.

Pentru măsură se realizează schema cu rezistenţele R_3 şi R_4 inversate (vezi fig. 3.3.4.), folosind următorul artificiu de montaj (fig. 3.3.6.a.):

- se leagă cordonul notat cu C_N la obiectul măsurat, iar cordonul notat cu C_x, la condensatorul etalon (borna HB);
- comutatorul tg δ se aşază pe poziţia tg δ
- se fixează şuntul N pe poziţia o,o1.

După echilibrarea punţii, se determină prin calcul tg δ_I şi C_{xI}, folosind formulele:

$$\operatorname{tg} \delta_I = (R_3 + 1)\, \omega\, C_{4I} \quad \text{şi}$$

$$C_{xI} = C_N \cdot \frac{R_3}{R_4}.$$

Se modifică conexiunea secundarelor transformatorului ca în figura 3.3.6.b. (n_1 şi n_2 legate împreună şi la punte, a_1 şi a_2 libere) şi se echilibrează din nou puntea, determinîndu-se tg δ_{II} şi C_{x2}. Tg δ real va fi dat de formula:

$$\operatorname{tg} \delta_{real} = \frac{\operatorname{tg} \delta_I + \operatorname{tg} \delta_{II}}{2}.$$

b. Măsurarea tg δ cu puntea R - 595

Pentru măsurare se utilizează puntea R-595 şi condensatorul ei etalon de 5o pF-1o kV. Transformatorul de verificat se pregăteşte ca la pct. a, iar pentru realizarea schemei de măsură cu braţele R_3 şi R_4 inversate se utilizează acelaşi artificiu ca în cazul punţii MD-16 (schema de montaj este dată în fig. 3.3.7.).

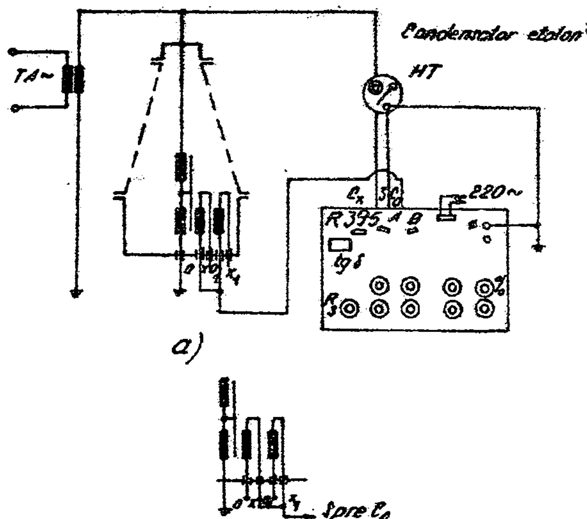


Fig.3.3.7. Măsurarea tg δ la transformatoarele de tensiune TEMU-11o kV, de tip vechi, folosind puntea R - 595, în schema cu rezistenţele R_3 şi R_4 inversate.

- Se leagă cordonul notat cu C_N la obiectul măsurat, iar cordonul notat cu C_x, la condensatorul etalon (borna H π)
- Se pune comutatorul A pentru tg δ pe poziţia -tg δ, prin aceasta punînd în paralel condensatorul C_4 cu rezistenţa R_3.
- Se fixează comutatorul B pe primul domeniu; (3.10^{-5} - 6.10^{-3} μF) . tg δ_{real} este media aritmetică a celor două determinări, după schema de la fig.3.3.7.a şi b, calculate tot cu formulele de la pct. a.

3.3.5. Măsurarea tg δ la transformatoarele de tensiune TEMU - 110 kV modernizate

a. Schema de măsură cu cuva transformatorului pusă la pămînt

În cazul măsurării transformatorului TEMU - 110 KV modernizat din instalații, după schemele:

Inf. î.t. - sec 1 (cuvă la pămînt),

Inf. î.t. - sec 1 + sec 2 (cuvă la pămînt),

nu există nici o diferență față de măsurătorile efectuate pentru transformatorul TEMU-110 kV de tip vechi, putîndu-se utiliza schemele indicate la pct. 3.3.4 a și b, 3.3.6. și 3.3.7.

b. Transformatoarele montate izolat

În cazul utilizării punții MD - 16 și R - 595 se vor utiliza aceleași scheme de măsură ca la pct. 3.3.4a și 3.3.4.b și ca în fig. 3.3.6. și 3.3.7., conexiunea obiectului măsurat fiind cea din fig. 3.3.5.c. Valoarea reală a tg δ este media celor două măsurări, aducînd la punte mai întîi bornele la + 2a și, după aceea, bornele 1n + 2n.

Schema poate fi realizată în atelierele de reparație, ca o verificare suplimentară.

3.3.6. Măsuri suplimentare de protecție a muncii

Pentru execuția probei se vor respecta condițiile prevăzute în "Normele de protecție a muncii pentru instalații electrice" și condițiile specifice suplimentare, pentru verificări cu înaltă tensiune, prevăzute la pct. 2.4. și 3.5. din prezentele instrucțiuni.

3.4. Încercarea izolației înfășurărilor secundare cu tensiune alternativă mărită

3.4.1. Scopul probei

Încercarea izolației înfășurărilor secundare se execută cu scopul de a se determina integritatea izolației înfășurărilor secundare față de părțile legate la pămînt ale transformatorului sau față de alte înfășurări secundare.

Această probă pune în evidență slăbirea, ca urmarea a îmbătrînirii, sau degradarea sub acțiunea condițiilor

de mediu (umeziri, depuneri de praf) a izolaţiei înfăşurărilor secundare faţă de masă sau faţă de altă înfăşurare secundară.

3.4.2. Aparatura necesară, scheme de încercare şi modul de execuţie a încercării

Încercarea poate fi efectuată atît cu aparatură special destinată acestui scop, cît şi cu ajutorul unui montaj realizat din piese separate.

Din aparatura specială pentru astfel de încercări face parte trusa de tensiune de 2 kV - ICEMENERG.

a) Schema de încercare şi modul de execuţie a probei, în cazul utilizării trusei de 2 kV, fabricată de ICEMENERG

Schema de încercare este dată în fig. 3.4.1.

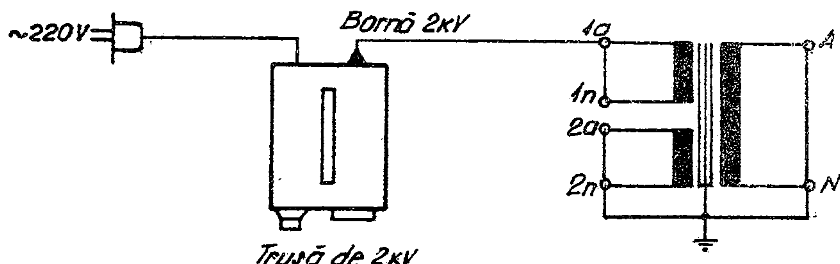


Fig.3.4.1. Încercarea înfăşurărilor de joasă tensiune ale transformatoarelor de măsură cu trusa de 2 kV fabricată de ICEMENERG.

În vederea încercării, se desfac legăturile la transformatorul ce urmează a fi încercat, atît pe partea primară, cît şi pe partea secundară, numai după ce conductoarele de legătură au fost marcate conform pct.2.1.

Înfăşurarea ce urmează a se încerca se scurtcircuitează şi se leagă la borna de 2 kV a trusei.

Restul înfăşurărilor secundare şi înfăşurarea primară se scurtcircuitează şi, împreună cu cuva (soclul) transformatorului, se leagă la pămînt.

Se verifică încă o dată montajul realizat conform schemei din fig. 3.4.1.

Se îndepărtează din apropierea legăturii de înaltă tensiune şi a bornelor înfăşurării de încercat toate obiectele metalice aflate la o distanţă mai mică de 15 cm.

Se scoate personalul din zona de lucru şi se îngrădesc utilajele ce se vor găsi sub înaltă tensiune în timpul încercării.

Se racordează trusa la reţea, verificînd ca butonul de reglaj al tensiunii să se găsească pe poziţia zero.

Se apasă butonul siguranţei automate şi se creşte tensiune pînă la valoarea prescrisă în normativul PE 116/8o.

După scurgerea timpului de încercare, se coboară lent tensiunea şi se deconectează trusa de la reţea.

După montarea ştăngii de punere la pămînt pe borna de 2 kV a trusei, se trece, după caz, la schimbarea înfăşurării secundare (în cazul transformatoarelor cu 2-3 înfăşurări secundare) sau a transformatorului încercat de pe faza vecină.

În cazul apariţiei unei străpungeri sau conturnări în timpul probei, protecţia trusei deconectează sursa de înaltă tensiune şi se aduce autotransformatorul reglabil al sursei pe poziţia zero.

b) Schema de încercare şi modul de execuţie a probei, în cazul utilizării montajului din piese separate

Pentru încercare se realizează montajul din fig. 3.4.2.

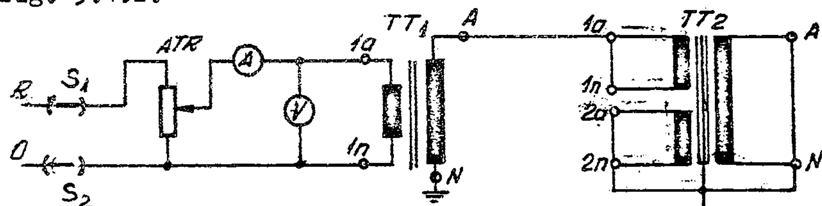


Fig.3.4.2. Încercarea înfăşurărilor de joasă tensiune ale transformatoarelor de măsură, în cazul utilizării montajului din piese separate: S_1, S_2 - siguranţele fuzibile sau automate de 6-22o V; ATR - autotransformatorul reglabil de 8 A-22o/o ...22o V; A - ampermetrul de c.a. de 5 A; V - voltmetrul sau aparatul universal de 0-22o V; TT_1 - transformatorul ridicător (transformatorul de tensiune TAD-2 etc.) de 2 kV, minimum o,o5 A; TT_2 - transformatorul de tensiune încercat.

La realizarea montajului se va avea în vedere ca distanța dintre partea de alimentare, transformatorul ridicător TT_1 și transformatorul încercat TT_2 să fie de 1,5 ÷ 2 m.

Se verifică încă o dată montajul realizat conform fig. 3.4.2., în special legăturile la pămînt.

Se îngrădește zona în care sînt amplasate transformatoarele.

Se îndepărtează personalul de lucru din zona îngrădită.

Se verifică poziția de zero a autotransformatorului reglabil.

Se alimentează montajul de la rețea.

Se crește tensiune pînă la valoarea prescrisă în normativul PE 116/8o, cap.7.4.

După scurgerea timpului de încercare, se coboară lent tensiunea și se deconectează montajul de la rețea.

3.4.3. Interpretarea rezultatelor probelor

În timpul probelor nu trebuie să apară străpungeri sau conturnări exterioare sau interioare.

Transformatoarele la care nu apar fenomenele de mai sus se consideră corespunzătoare și pot rămîne în instalație.

Transformatoarele la care apar fenomenele de mai sus vor fi declarate necorespunzătoare, urmînd să fie înlocuite,

3.4.4. Măsuri specifice de protecție a muncii

La executarea lucrărilor de încercare se vor respecta prevederile cuprinse în "Normele de protecție a muncii pentru instalații electrice".

În afară de cele de mai sus, se vor respecta măsurile de protecție specifice încercării cu înaltă tensiune, prevăzute la pct.2.4. și, în special, următoarele măsuri: după efectuarea încercării și scoaterea instalației de încercat de sub tensiune pe borna de înaltă tensiune a acesteia, se va amplasa o ștangă mobilă legată la pămînt; numai după aceasta se va putea trece la desfacerea legăturilor dintre borna de înaltă tensiune a instalației de încercare și bornele înfășurării care a fost încercată sau se trece la schimbarea înfășurării secundare încercate.

NOTĂ.

Schemele de încercare prezentate mai sus şi măsurile de protecţie indicate sînt aplicabile atît transformatoarelor de măsură inductive, cît şi transformatoarelor de măsură capacitive.

3.5. Încercarea izolaţiei înfăşurărilor primare cu tensiune alternativă mărită

3.5.1. Scopul probei

Prin această probă se încearcă partea de înaltă tensiune (inductivă sau capacitivă, în funcţie de tipul constructiv) a transformatoarelor de măsură de tensiune.

La transformatoarele inductive cu sau fără izolaţie degresivă, prin această probă se verifică izolaţia exterioară a înfăşurării primare faţă de soclu şi izolaţia dintre spirele înfăşurării primare.

La transformatoarele capacitive, prin această probă se verifică izolaţia externă a condensatorului de înaltă tensiune, izolaţia dintre pachetele de condensatoare şi fiecare condensator unitar în parte, care intră în componenţa condensatorului de înaltă tensiune.

De asemenea, cu această probă se verifică izolaţia faţă de masă şi între spire a transformatorului de 2o KV inclus în partea inferioară a transformatorului capacitiv de tensiune.

Această încercare pune în evidenţă puncte slabe sau deteriorări locale ale izolaţiei părţii de înaltă tensiune a transformatoarelor de tensiune inductive şi capacitive.

Încercarea cu tensiunea mărită a părţii de înaltă tensiune a transformatoarelor de măsură de tensiune este normată atît în STAS 4323/7o, "Transformatoare de tensiune, condiţii generale", pct. 2.3.8., cît şi în PE 116/198o, "Normativ de încercări şi măsurători la echipamente şi instalaţii electrice".

Avînd în vedere diversitatea de tipuri constructive de transformatoare de măsură existente în instalaţii, în capitolele următoare se va trata modul de încercare, separat pentru fiecare tip constructiv în parte.

3.5.2. Aparatura necesară, scheme de încercare

Aparatura necesară încercărilor şi schemele de încercare se vor trata pentru fiecare tip constructiv de transformatoare inductive în parte.

Transformatorul de măsură capacitiv nu poate fi încercat integral în condiţii de exploatare. El poate fi încercat pe piese componente separate numai în atelierele de reparaţii.

3.5.2.1. Aparatura necesară

a) Transformatoare de tensiune inductive monopolare

Încercarea transformatoarelor inductive de tensiune monopolare cu tensiuni de 6 - 110 kV se face cu tensiune indusă, frecvenţă mărită, de 150 Hz.

Pentru încercare, se utilizează Grupul de frecvenţă de 150 Hz, de fabricaţie ICEMENERG.

Transformatoarele inductive de tensiune cu tensiuni mai mari de 110 kV nu pot fi încercate în exploatare, ci numai în atelierele de transformatoare, care posedă grupuri cu frecvenţă mărită de circa 6 - 8 kVA.

Cu Grupul cu frecvenţă de 150 Hz, de fabricaţie ICEMENERG, la transformatoarele inductive monopolare se încearcă atît izolaţia dintre spire, cît şi izolaţia externă.

b) Transformatoare de tensiune inductive bipolare

Pentru încercarea izolaţiei externe a acestora se foloseşte laboratorul mobil LM3 , iar pentru încercarea izolaţiei dintre spire se foloseşte Grupul cu frecvenţa de 150 Hz.

c) Transformatoarele de tensiune capacitive nu pot fi încercate în exploatare la locul de montaj, ci numai în atelierele de reparaţii, sub formă de părţi componente.

Pentru încercarea părţilor componente ale transformatorului de tensiune capacitiv sînt necesare următoarele instalaţii:

- pentru încercarea capacităţilor părţii de înaltă tensiune este necesară o instalaţie de înaltă tensiune de frecvenţă industrială, capabilă să producă o tensiune de cel puţin 250 kV şi să debiteze un curent de minimum 0,5 A;

- pentru încercarea părţii inductive şi a circuitului antiferorezonant se utilizează un grup cu frecvenţa de 150 Hz.

3.5.2.2. Scheme de încercare

a) Scheme pentru încercarea transformatoarelor de tensiune monopolare

Pentru efectuarea încercării se realizează schema din fig.1, în care A 1, A 2, A 3, A 4 sînt cordoanele din dotarea grupului cu frecvenţa de 15o Hz.

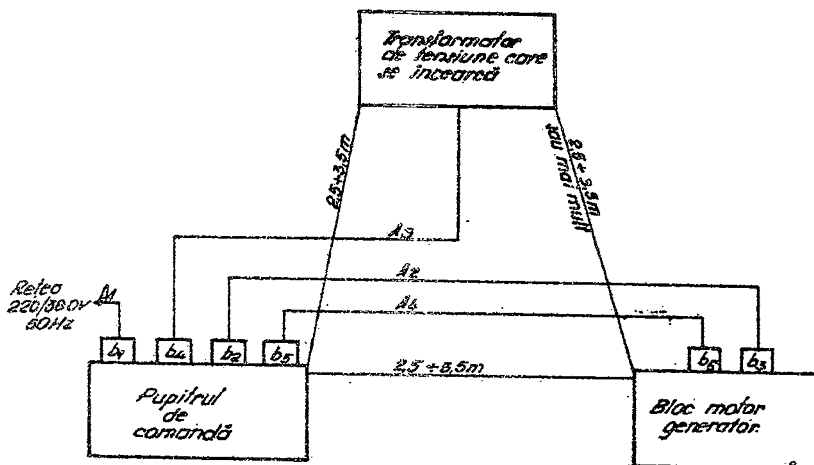


Fig.1. Schema de amplasare a Grupului cu frecvenţa de 15o Hz, la încercarea transformatoarelor de tensiune inductive.

Modul de racordare a cordonului A3' la bornele înfăşurării, pe care se aplică tensiunea de 15o Hz, este arătat în fig. 2.

Pentru încercare, grupul va debita pe înfăşurarea cu puterea cea mai mare a transformatorului, şi anume, pe înfăşurarea destinată să alimenteze circuitele de protecţie.

b) Scheme pentru încercarea transformatoarelor de tensiune bipolare

Pentru încercarea transformatoarelor de tensiune bipolare se utilizează laboratorul mobil LM3, de fabricaţie ICEMENERG.

În vederea încercării, se aşază comutatorul de alegere CA de pe pupitrul laboratorului pe poziţia ÎNCERCARE UIT alternativă, se realizează legătura la pă-

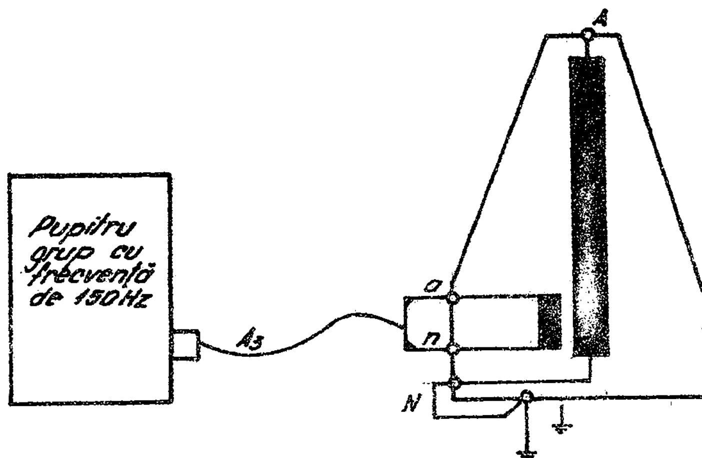


Fig.2. Modul de racordare la grupul de 15o Hz a transformatoarelor de tensiune monopolare.

mînt a laboratorului , iar în interiorul compartimentului de înaltă tensiune se realizează legătura între borna de înaltă tensiune a transformatorului de 7o kV, borna separatorului de punere la pămînt şi borna izolatorului de trecere, montat în geamul laboratorului.

De la izolatorul de trecere din geamul izolatorului se racordează firul de înaltă tensiune la transformatorul a cărui izolaţie se încearcă,aşa cum este arătat în fig. 3.

Bornele înfăşurării secundare se leagă între ele şi la pămînt.

Cu schema de încercare prezentată mai sus se încearcă numai izolaţia transformatorului faţă de masă.

Pentru încercarea izolaţiei dintre spirele înfăşurării primare, se va utiliza grupul cu frecvenţă de 15o Hz. Pentru aceasta se va realiza schema de încercare prezentată în fig.4, în care A3 este cablul de legătură aflat în dotarea grupului.

Din fig.4 se observă că, în acelaşi timp cu încercarea izolaţiei dintre spire, se încearcă şi izolaţia externă a bornei A.

Astfel, efectuînd două încercări cu grupul cu frecvenţa de 15o Hz, la o încercare legînd la pămînt borna X, iar la alta legînd la pămînt borna A, echivalează cu încercarea atît a izolaţiei dintre spire, cît şi cu încercarea întregii izolaţii externe a transformatorului.

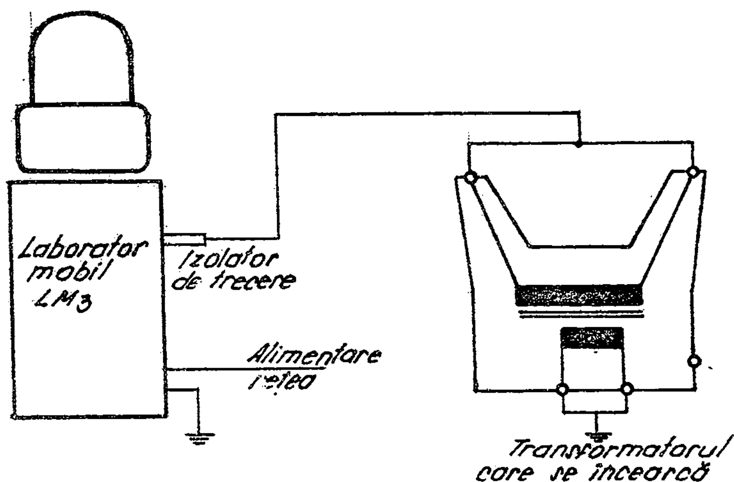


Fig. 3. Schema de încercare a izolației externe a transformatoarelor de tensiune bipolare, cu ajutorul laboratorului LM3.

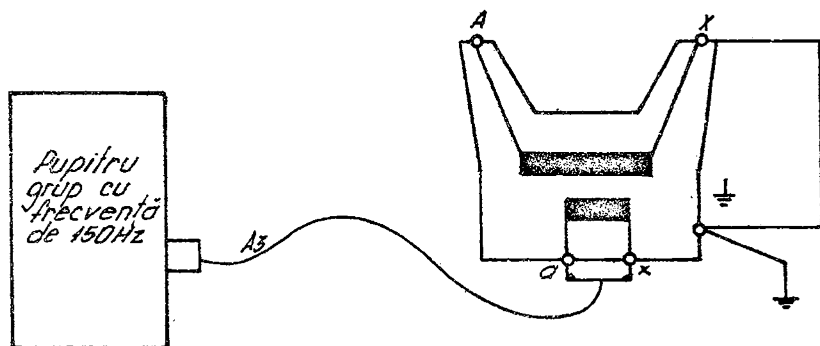


Fig.4. Modul de racordare la grupul de 15o Hz a transformatoarelor bipolare.

c) Schema pentru încercarea transformatoarelor de tensiune capacitive

Transformatoarele de tensiune capacitive nu pot fi încercate în exploatare la locul de montaj, ci numai în atelierele de reparații, iar în acestea numai în părți distincte.

Astfel, se pot încerca separat capacitățile care formează partea de înaltă tensiune și separat, partea inductivă a transformatorului.

Încercarea condensatoarelor se execută cu o instalație de înaltă tensiune capabilă să producă cel puțin 25o kV c.a. și să debiteze un curent de minimum o,5 A. Instalația trebuie să fie prevăzută cu un grup de reglaj al tensiunii, cu măsura tensiunii și cu sisteme de protecție.

Modul de amplasare al tronsoanelor de condensatoare în vederea încercării este arătat în fig.5.

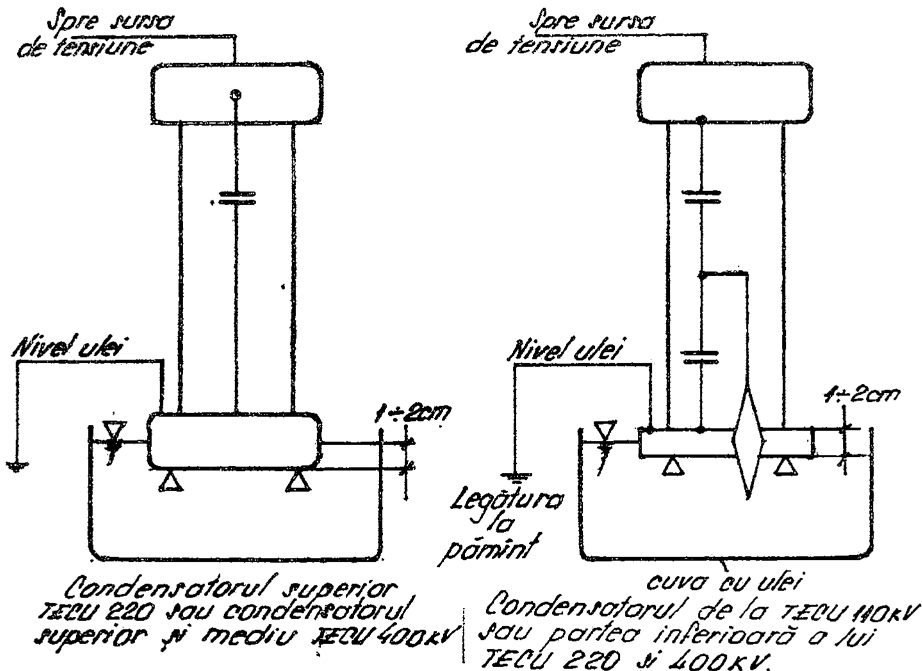


Fig.5. Modul de încercare a condensatorului de înaltă tensiune a transformatoarelor capacitive de tensiune la frecvență industrială.

Elementul de condensator se aşază într-o cuvă cu ulei, sprijinit pe doi suporţi, astfel ca nivelul uleiului să depăşească cu circa 1 - 2 cm nivelul inferior al flanşei condensatorului.

Dimensiunile cuvei se vor alege astfel, încît distanţele minime în ulei dintre izolatorul de trecere aflat la partea inferioară a elementului de condensator şi părţile metalice puse la pămînt să fie de cel puţin 10 cm.

Rigiditatea dielectrică a uleiului din cuva de încercare va fi de minimum 100 kV/cm.

În timpul încercărilor, flanşa inferioară a elementului de condensator se va lega la pămînt.

Încercarea părţii inductive şi a circuitului antiferorezonant se realizează cu tensiune indusă, cu ajutorul unui grup cu frecvenţa de 150 Hz.

Modul de realizare al schemei de încercare este prezentat în fig.6.

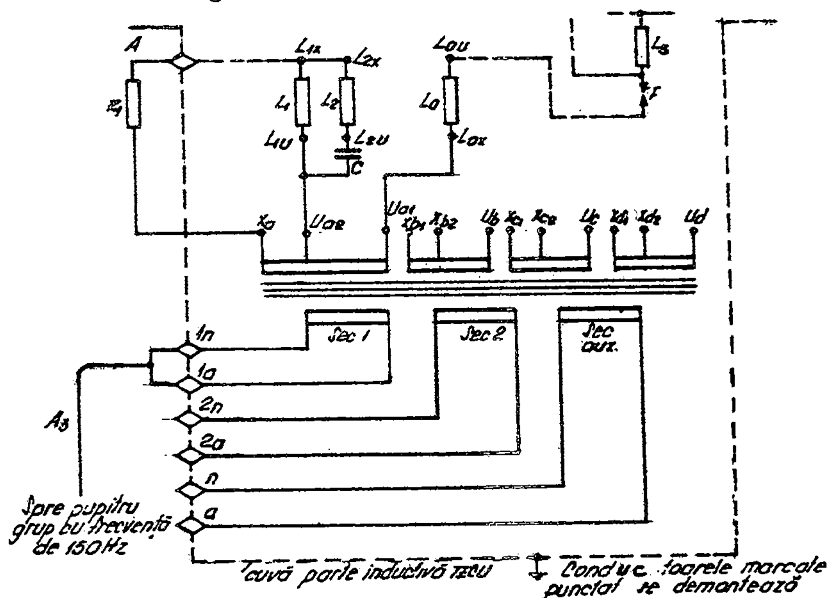


Fig.6. Schema de încercare a izolaţiei părţii inductive a transformatoarelor capacitive de tensiune.

Pentru încercarea părţii inductive şi a circuitului antiferorezonant în cuva transformatorului TECU, căruia i s-a demontat capacul şi condensatorul amplasat pe capac, se desfac următoarele legături:

- se desface legătura de la borna L_{ou} şi se îndepărtează eclatorul F şi bobina L_3;
- se demontează legătura dintre L_{1x} şi borna A.

Capetele libere ale condensatoarelor se vor suspenda astfel, încît să se afle la circa 5 cm distanţă de pereţii cuvei şi de celelalte părţi conductoare.

Cablul A3 al grupului cu frecvenţa de 15o Hz se va racorda la bornele ln,la de pe placa cu borne a cuvei.

Se va controla ca nivelul de ulei din cuvă să depăşească cu circa 5 cm cel mai înalt obiect din cuvă, iar nivelul va avea o rigiditate de minimum loo kV/cm; în rest,montajul de încercare este identic cu cel prezentat în fig.1.

3.5.3. Modul de execuţie a probei

În continuare, se prezintă modul de execuţie a probei de încercare cu tensiune mărită a părţii de înaltă tensiune a transformatoarelor de măsură de tensiune, urmînd aceeaşi structură, ghidată după tipurile constructive, cum a fost prezentată în capitolul precedent.

3.5.3.1. Transformatoare de tensiune inductive monopolare

După realizarea schemei din fig. 1 şi conectarea cablului A3 la bornele înfăşurării de joasă tensiune, aşa cum se arată în fig.2, se îngrădeşte locul în care se află transformatorul şi se evacuează personalul din spaţiul îngrădit.

Distanţa dintre îngrădire şi transformatorul care se încearcă depinde de mărimea tensiunii de încercare induse, la care este supus transformatorul.

În continuare, se execută următoarele operaţii (fig.7):

- se verifică încă o dată legăturile la pămînt ale obiectului de încercat;
- în funcţie de transformatorul care se încearcă, se aleg poziţiile comutatorului ampermetric şi ale bobinei de compensare, astfel:

comutatorul ampermetric:

- transformatoare de 6;lo;2o kV x o,5 x 1;

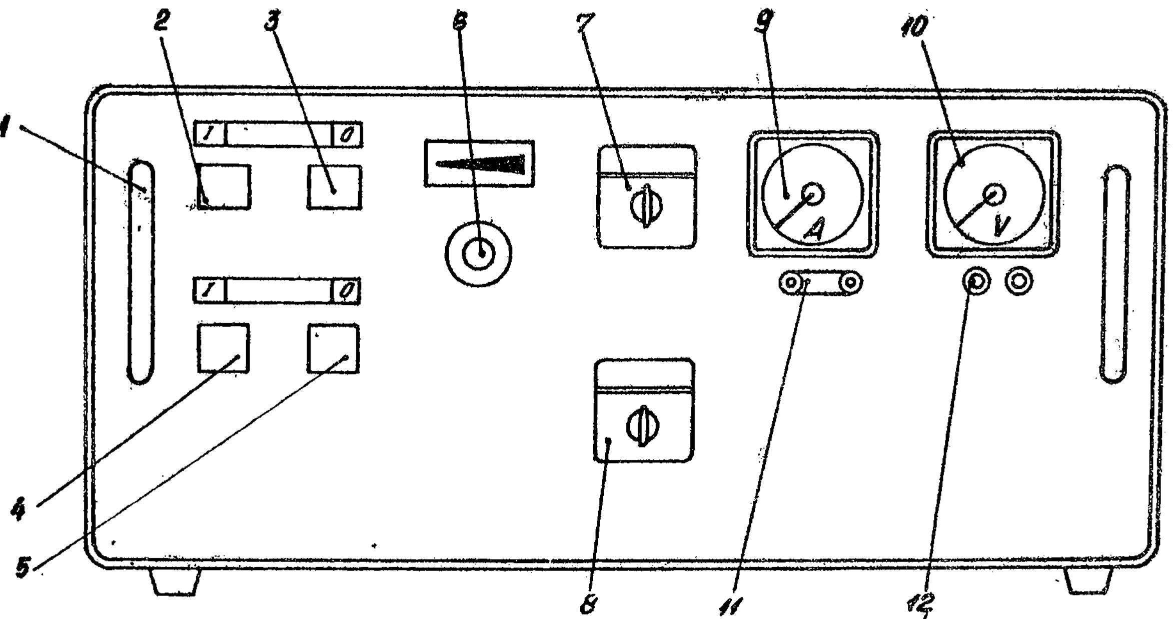


Fig.7. Descrierea aparatelor de pe panoul frontal: 1 - apărătoarea; 2 - butonul de pornire a motorului de antrenare b11; 3 - butonul de oprire a motorului de antrenare b12; 4 - butonul de conectare a generatorului de 15o Hz, b14; 5 - butonul de conectare a generatorului de 15o Hz, b15; 6 - butonul de reglaj al tensiunii de 15o Hz, m 4; 7 - comutatorul-ampermetru b18; 8 - comutatorul de compensare b7; 9 - ampermetrul pe partea de 15o Hz, q2; lo - voltmetrul pe partea de 15o Hz, q1; 11 - punctul de măsură suplimentar pentru curent, b lo; 12 - punctul de măsură suplimentar pentru tensiune, b9.

- transformatoare de 35;11o kV x 2 x 4;

bobina de compensare:

- transformatoare de 6;1o;2o kV, poziţia O;
- transformatoare de 35 kV, poziţia 1;
- transformatoare de 11o kV, poziţia 2.

ATENŢIE: la încercarea transformatoarelor de 11o kV, comutatorul bobinei de compensare nu se va trece pe poziţia zero în timpul lucrului!

- se verifică poziţia de zero a butonului de reglaj al tensiunii de 15o Hz;
- se apasă butonul MOTOR şi se aşteaptă pînă ce motorul intră în turaţia de regim;
- se apasă butonul GENERATOR I;
- urmărind indicaţiile aparatelor de pe panou, se creşte tensiunea pînă la valoarea corespunzătoare tensiunii de încercare;
- după scurgerea timpului de încercare prescris (conform PE 116/8o), se coboară tensiunea încet;
- se apasă butonul GENERATOR O;
- se apasă butonul MOTOR O şi se deconectează grupul de la reţea;
- se desfac îngrădirile şi se desface legătura cablului A3 de la bornele înfăşurării secundare a transformatorului încercat.

Calculul tensiunii pe care trebuie să o debiteze grupul, astfel ca în înfăşurarea de înaltă tensiune să se inducă tensiunea de încercare, se efectuează în felul următor: un transformator TIRMO-2o se încearcă la tensiunea de 45 kV şi are raportul de transformare 2o ooo/ $\sqrt{3}$ /1oo/ $\sqrt{3}$, ceea ce reprezintă 2oo. Tensiunea pe care trebuie să o debiteze grupul este de 45 ooo: 2oo = 225 V.

În mod analog se conduce calculul şi pentru alte tipuri de transformatoare.

3.5.3.2. Transformatoare de tensiune inductive bipolare

a) Încercarea izolaţiei externe se realizează cu laboratorul mobil LM3, astfel:

- după realizarea legăturilor ca în fig.3, se îngrădeşte obiectul de încercat şi se mai verifică încă o dată legăturile la pămînt;
- se racordează laboratorul mobil la reţea;
- se comută cheia de pe pupitrul de comandă şi se deschide separatorul de punere la pămînt;
- se apasă butonul de încercare;
- se creşte tensiunea de încercare pînă la valoarea prescrisă şi se aşteaptă scurgerea timpului de încercare (PE 116/8o, cap. 7.5.);

- se coboară tensiunea lent;
- se deconectează cheia de comandă;
- se deconectează alimentarea laboratorului şi se deconectează conductorul de înaltă tensiune de la transformatorul care s-a încercat.

b) Încercarea izolaţiei între spire şi încercarea izolaţiei externe, prin două încercări la transformatoarele de tensiune bipolare, se efectuează cu aceeaşi succesiune a operaţiilor ca încercarea descrisă la pct. 3.1. şi conform schemelor din fig.1 şi 4. La aceste încercări se utilizează grupul cu frecvenţa de 15o Hz.

Calculul tensiunii primare aplicate înfăşurării de joasă tensiune, astfel ca în înfăşurarea de înaltă tensiune să apară tensiunea de încercare, se efectuează după indicaţiile de la pct. 3.1.

3.5.3.3. <u>Încercarea transformatoarelor de tensiune capacitive</u>

a) Încercarea condensatoarelor care reprezintă partea de înaltă tensiune a transformatorului capacitiv de tensiune se execută ca încercarea oricărui obiect izolant cu înaltă tensiune, urmînd manevrele de creştere lentă, ţinerea timpului prescris sub tensiunea de încercare şi descreşterea lentă a tensiunii.

b) Încercarea părţii inductive şi a circuitului antiferorezonant cu tensiune indusă cu frecvenţa de 15o Hz, după realizarea indicaţiilor sugerate de fig.6, se realizează cu aceleaşi manevre, cu aceeaşi succesiune ca încercarea transformatoarelor de tensiune inductive monopolare, pct. 3.1.

3.5.3.4. <u>Interpretarea rezultatelor probelor</u>

Se consideră acceptate la probele de verificare a izolaţiei externe şi a izolaţiei între spire transformatoarele la care în cursul încercării nu au apărut conturnări sau străpungeri sau la care, în cursul probei în cuvă, nu s-au auzit zgomote.

În mod analog, se acceptă şi părţile componente ale transformatoarelor de tensiune capacitive încercate separat. Transformatoarele acceptate la proba cu tensiune mărită pot fi montate în instalaţie.

La încercarea cu tensiune alternativă indusă, de frecvenţă de 15o Hz, în buletinul de încercări, în afară de seria transformatorului şi tensiunea la care a fost încercat, se va mai menţiona şi curentul absorbit de acesta.

3.5.3.5. Măsuri specifice de N.T.S. şi P.S.I.

Măsuri specifice de N.T.S.

La executarea probelor de încercare se vor respecta prevederile cuprinse în cap. 6, 15 şi 16 din "Norme de protecţie a muncii pentru instalaţiile electrice", ediţia 1969, aprobate cu ordinul M.E.E., nr. 335/1968.

În afară de cele de mai sus, la încercările cu tensiune mărită, după întreruperea tensiunii de încercare, nu se va atinge obiectul de încercat cu mîna, decît după ce a fost montată o ştangă legată la pămînt pe borna sursei de înaltă tensiune, cu care a fost efectuată încercarea.

La încercările cu tensiune indusă de frecvenţă mărită, personalul nu se va apropia de transformatorul care a fost încercat, decît numai după ce motorul de antrenare al grupului s-a oprit, în urma deconectării, iar fişa cablului de alimentare a fost scoasă din priza de alimentare.

În această situaţie, personalul va descărca transformatorul încercat cu o ştangă legată la pămînt, după care se pot desface legăturile de alimentare.

Măsuri specifice de P.S.I.

La încercarea transformatoarelor de tensiune ce conţin ulei se va aduce la locul de încercat un număr de stingătoare cu praf şi CO_2, corespunzător volumului de ulei existent în cuva transformatorului care se încearcă.

Înainte de începerea încercării, transformatorul se va şterge de eventualele pete de ulei de pe izolaţia exterioară şi din cutia de borne.

3.6. Măsurarea rezistenţei ohmice a înfăşurărilor transformatoarelor de tensiune

3.6.1. Scopul probei

Măsurarea rezistenţei ohmice a înfăşurărilor se efectuează la înfăşurărilor primare şi secundare ale transformatoarelor de tensiune inductive şi la înfăşurările de joasă tensiune ale transformatoarelor capacitive.

Această probă se efectuează obligatoriu la punerea în funcţiune, după repararea înfăşurărilor şi, facultativ, la anumite intervale de timp.

Prin măsurarea rezistenţei ohmice se verifică rezistenţa de contact a înfăşurărilor la borne, continuitatea înfăşurărilor, lipsa unor scurtcircuite între spire.

3.6.2. Metodele utilizate. Schemele de încercare

Măsurarea rezistenţei ohmice se poate executa prin mai multe metode. În această instrucţiune se recomandă utilizarea a două metode:
- metoda punţii;
- metoda voltmetru-ampermetru.

3.6.2.1. Măsurarea rezistenţei ohmice a înfăşurărilor primare (rezistenţe ohmice mari)

a) Metoda punţii simple (Wheatstone)
Schema de verificarea este dată în fig. 3.6.1.

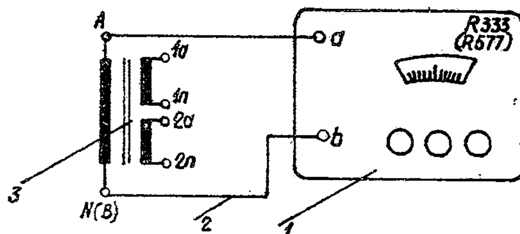


Fig.3.6.1. Măsurarea rezistenţei înfăşurării primare a transformatoarelor de tensiune, prin metoda punţii simple: 1 - puntea simplă de teren (Wheatstone), de tip R-333 (U.R.S.S.) sau R-577 (U.R.S.S.), omega, RLC-lo etc.; 2 - cordoanele de legătură etalonate; 3 - transformatorul verificat.

Puntea simplă Wheatstone

Schema acestei punţi este reprezentată în fig. 3.6.2.

Puntea conţine trei rezistenţe r, r_1, r_2, rezistenţa ohmică care se măsoară (r_x) şi galvanometrul cu ac indicator. La echilibru, valoarea rezistenţei ce se măsoară este dată de relaţia:

$$r_x = r \frac{r_1}{r_2},$$

valoare care se poate citi direct pe punte.

În cazul acestei punți, în valoarea măsurată sînt incluse rezistențele firelor de legătură și rezistențele de contact ale acestor fire.

De aceea, această punte se utilizează numai la măsurarea rezistențelor ohmice mari, și anume, în cazul de față, la măsurarea rezistențelor înfășurărilor de înaltă tensiune a transformatoarelor de tensiune.

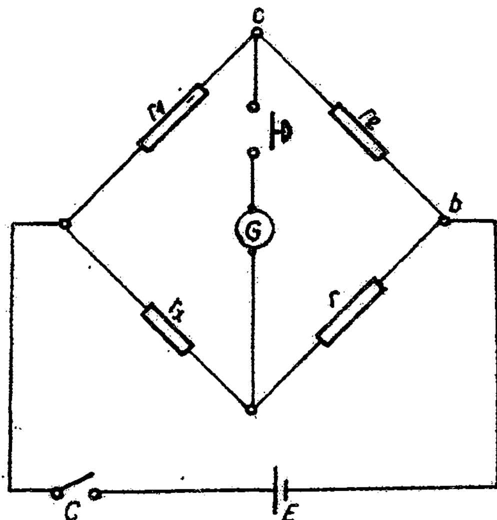


Fig.3.6.2. Schema de principiu a punții simple (Wheatstone) de teren: r, r_1, r_2 - rezistențele din brațele punții; G - galvanometru cu ac indicator; B - buton de conectare a galvanometrului; E - baterie de curent continuu; C - întrerupător.

Cordoanele de măsură etalonate

Cordoanele de măsură vor fi confecționate din conductor din cupru lițat și izolat, avînd secțiunea de minimum 6 mm^2, prevăzute la capete cu papuci din cupru sau alamă. Lungimea lor nu va depăși, pe cît va fi posibil, lungimea dictată de distanțele dintre punctele de conexiune, iar rezistența lor va fi determinată în prealabil.

Transformatorul verificat

Transformatorul inductiv ce urmează a fi verificat este separat de circuitele primare şi secundare ale instalaţiilor. Înfăşurarea primară care se verifică este conectată la punte, iar celelalte înfăşurări sînt lăsate libere (deschise).

b) Metoda voltmetrului şi a ampermetrului. Montajul aval

Metoda constă în determinarea raportului dintre tensiunea aplicată la bornele înfăşurării care se verifică şi curentul care rezultă. Raportul respectiv reprezintă rezistenţa ohmică a înfăşurării verificate:

$$R_x = \frac{U}{I}$$

Schema de măsură este dată în fig.3.6.3

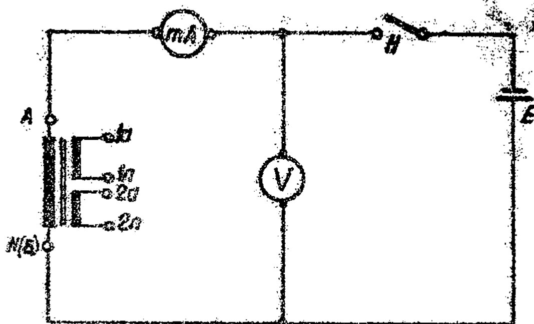


Fig.3.6.3. Măsurarea rezistenţei ohmice a înfăşurării de înaltă tensiune a transformatorului de tensiune, prin metoda voltmetru-ampermetru (montaj aval): V - voltmetrul de curent continuu; mA - miliampermetrul de curent continuu; E - bateria de acumulatoare; C - heblul bipolar; S - siguranţele.

În fig.3.6.3.:

V este voltmetrul de curent continuu de clasă o,5 sau aparatul universal cu rezistență internă mare, cu domeniul de măsură o .... 3o V;

mA - miliampermetrul de curent continuu de clasă o,5, cu domeniul de măsură 0 ... 5 mA;

E - bateria de acumulator de 12 V, 4o Ah;

H - heblul bipolar.

Rezistența măsurată se calculează cu expresia:

$$R = \frac{U - I \cdot R_a}{I},$$

unde:

U este tensiunea măsurată cu milivoltmetrul;

I - curentul măsurat cu miliampermetrul;

R_a - rezistența internă a ampermetrului.

3.6.2.2. Măsurarea rezistențelor ohmice ale înfășurărilor secundare (rezistențe ohmice mici)

a) Metoda punții duble (Thomson)

Schema de verificare este dată în fig. 3.6.4.

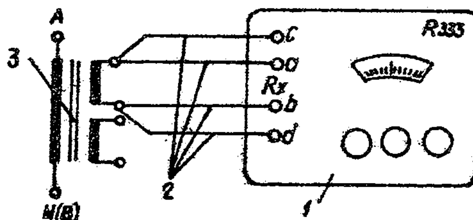


Fig.3.6.4. Măsurarea rezistențelor înfășurărilor secundare ale transformatoarelor de tensiune prin metoda punții: 1 - puntea dublă de teren, de tip R-333 (U.R.S.S.) etc.; 2 - cordoanele de măsură; 3 - transformatorul verificat.

1. Puntea dublă

– Schema de principiu a unei astfel de punți este dată în fig. 3.6.5.

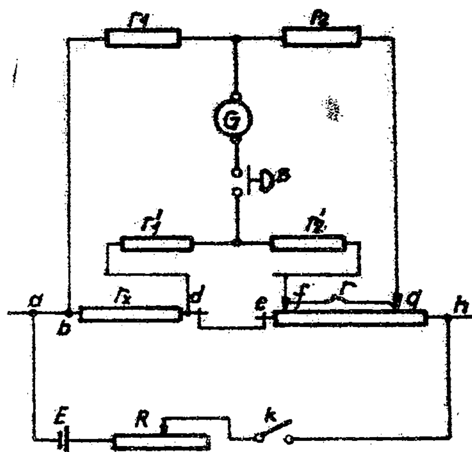


Fig.3.6.5. Schema de principiu a punții duble; r_1, r_2, r_1', r_2' – rezistențele de precizie; r_x – rezistența de verificare; G – galvanometrul cu ac indicator; B – butonul cu reținere; R – reostatul; K – întrerupătorul; E – baterie de curent continuu.

Modul de manevrare a punții duble constă în reglarea raportului rezistențelor $\frac{r_1}{r_2}$ și $\frac{r_1'}{r_2'}$, menținînd egalitățile $r_1=r_1'$ și $r_2=r_2'$. Fiecare din aceste rezistențe trebuie să fie de cel puțin 10 ohmi; se reglează cursorul g în poziția pentru care rezistența r este egală cu valoarea presupusă a rezistenței r_x, care se verifică; se închide întrerupătorul k și se reglează curentul din circuitul bateriei, cu ajutorul reostatului R; se apasă butonul B și se reglează cursorul g, pînă se aduce acul galvanometrului în poziția zero a scalei. Valoarea

rezistenţei măsurate este dată de relaţia: $r_x = r \frac{r_1}{r_2}$, valoare ce se poate citi direct pe punte.

Deoarece rezistenţele de contact din punctele a, d, e, h se află dincolo de limitele rezistenţelor r_x şi r, este înlăturată influenţa pe care ar putea-o avea rezistenţele de contact asupra valorii măsurate.

De asemenea, nu intervin nici erorile datorate cordoanelor de legătură, deoarece sînt înseriate cu rezistenţa a căror valoare este de cel puţin 1o ohmi.

2. Cordoanele de legătură, avînd o secţiune de minimum 6 mm^2, sînt prevăzute la capete cu papuci, conectate cîte două la fiecare bornă secundară a transformatorului.

3. Transformatorul verificat este conectat la fel ca la pct. 3.6.2.1.

b) Metoda voltmetrului şi a ampermetrului. Montajul amonte

Schema de măsurare este dată în fig. 3.6.6.

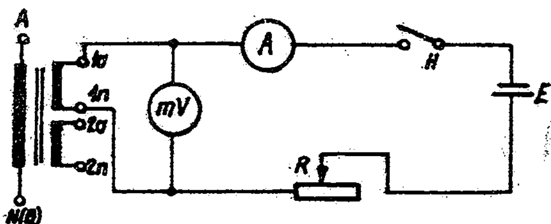


Fig.3.6.6. Măsurarea rezistenţei ohmice a înfăşurării de joasă tensiune a transformatorului de tensiune, prin metoda voltmetru-ampermetru (montaj amonte): mV - milivoltmetrul de curent continuu; A - ampermetrul de curent continuu; R - reostatul de reglaj; E - bateria de acumulatoare; H - ieblul

În fig. 3.6.6.:

mV este milivoltmetrul de curent continuu, de clasă o,5, avînd rezistența internă mare, cu domeniul de măsură:
- 0 ... 6o (75) mV;
- 0 ... 12o (15o) mV;
- 0 ... 3oo mV;

mA - miliampermetrul de curent continuu, de clasă o,5, cu domeniul de măsură de 0 ... 1 A;

R - reostatul de reglaj, de circa 1oo ohmi, 2,5 A;

E - bateria de acumulatoare de 12 V, 4o Ah;

C - heblul bipolar.

Rezistența măsurată se calculează cu expresia:

$$r = \frac{U}{I - \frac{U}{R_V}},$$

unde:

U este tensiunea măsurată la bornele transformatorului;

I - curentul măsurat de ampermetru;

R_V - rezistența internă a milivoltmetrului.

3.6.3. Condițiile de execuție a probei

Măsurarea se execută numai după deconectarea tuturor legăturilor primare și secundare. În timpul măsurării unei înfășurări, celelalte înfășurări rămîn libere (deschise).

Pentru a evita erorile de măsură datorate încălzirii înfășurării măsurate, curentul din înfășurare nu va depăși 2o % din curentul nominal al acesteia, corespunzător clasei de precizie garantate.

NOTĂ.

La metoda volt-ampermetrului se vor respecta următoarele reguli:

- închiderea și deschiderea circuitului se va face numai cu milivoltmetrul deconectat (conectarea voltmetrului se va efectua după închiderea circuitului, iar deconectarea voltmetrului se va efectua înainte de deschiderea

circuitului). În acest fel se evită deteriorarea voltmetrului din cauza tensiunilor induse;

- manevrele de deschidere sau închidere ale circuitului se vor efectua după ce se fixează valoarea maximă a rezistenței reostatului;

- după conectarea circuitului, se așteaptă stabilizarea indicațiilor aparatelor. Valorile măsurate se înregistrează numai după stabilirea indicațiilor aparatelor;

- suprafețele de contact trebuie bine curățate cu șmirghel cu granulație fină;

- contactele se vor efectua prin strîngere corespunzătoare;

- montajul se va efectua cît mai aproape posibil de locul de fixare a transformatorului de verificat.

3.6.4. Interpretarea rezultatelor

Transformatoarele se consideră că sînt corespunzătoare, dacă valorile măsurate nu diferă cu mai mult de 2 % față de valorile de referință.

La transformatoarele de tensiune trifazate, rezistența ohmică a fazelor trebuie să nu difere cu mai mult de 2 %.

Pentru efectuarea comparației valorilor calculate cu valorile de referință, este necesar să se facă recalcularea la temperatura inițială a valorilor măsurate.

Recalcularea rezistenței ohmice la temperatura de referință se face cu formula:

$$R_0 = R_m \left[1 + \alpha \, (t_m - t_o) \right] ,$$

$$\alpha_{Cu} = 0{,}00393$$

unde:

R_m este valoarea rezistenței măsurate la temperatura la care s-a executat măsurarea;

t_m - temperatura la care s-a executat măsurarea;

t_o - temperatura inițială.

Dacă valoarea măsurată este extrem de mică în comparație cu valoarea de referință, înfășurarea are spire în scurtcircuit.

3.6.5. Măsuri specifice de protecție a muncii

În timpul măsurării rezistenței ohmice a înfășurărilor de joasă tensiune, în momentul închiderii circuitului de măsură pot apare impulsuri de înaltă tensiune de foarte scurtă durată, la bornele înfășurării de înaltă tensiune. De aceea, în timpul măsurării este interzisă atingerea bornelor de înaltă tensiune ale transformatorului de măsură.

3.7. Verificarea polarității înfășurărilor

3.7.1. Scopul verificării

Verificarea polarității are drept scop depistarea unor eventuale inversini de borne, nesesizate la livrarea transformatorului din fabrică sau după efectuarea unor reparații în atelier. Din acest motiv, ea se execută numai la PIF sau după reparații cu recondiționarea transformatoarelor în atelier, cînd se demontează legăturile interioare la bornele secundare.

3.7.2. Principiul metodei, aparatura de măsură și modul de lucru

Pentru determinarea polarității bornelor transformatoarelor de tensiune se folosește metoda curentului continuu. Aceasta se bazează pe faptul că la o polaritate corectă a bornelor secundare, un impuls de scurtă durată de polaritate cunoscută, injectat la bornele primare, va fi transformat corect, fiind regăsit la bornele secundare cu aceeași polaritate, cu ajutorul unui miliampermetru magnetoelectric.

- Pentru transformatoarele de tensiune inductive monofazate, mono sau bipolare, schema de montaj pentru determinarea polarității bornelor este următoarea:

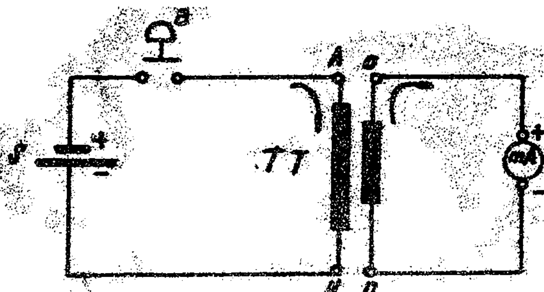


Fig.3.7.1. Schema de principiu pentru determinarea polarității bornelor transformatoarelor monofazate prin metoda curentului continuu:
S - bateria de 6 -12 V (în funcție de sensibilitatea miliampermetrului utilizat); B - butonul cu revenire tip BF-6, de 6 A - 500 V; mA - miliampermetrul magnetoelectric cu amortizare mare (cu domeniul de măsură 0 - 30 mA, de preferință cu zero la mijlocul scalei); TT - transformatorul de tensiune verificat.

Miliampermetrul mA poate fi înlocuit cu un aparat universal conectat la început pe o gamă de 0 - 30mA c.c. sau pe o gamă de curent redusă.

Se apasă butonul B timp de 2 - 3 sec și se urmărește deviația aparatului de măsură; în cazul utilizării unui aparat universal, se modifică domeniul de măsură pînă la obținerea unei deviații convenabile la aparat.

La o polaritate corectă a bornelor, acul aparatului va devia spre dreapta, pentru scurt timp.

Se deconectează alimentarea circuitului primar, prin revenirea butonului B; în acest caz acul aparatului va devia, pentru scurt timp, spre stînga, contrar deviației anterioare

În cazul unei polarități greșite a înfășurării secundare, la conectarea circuitului primar, acul aparatului indicator va devia spre stînga, iar la deconectare, deviația acestuia va fi spre dreapta.

Pentru mărirea operativității măsurării și evitarea greșelilor de montaj se poate utiliza, pentru verificarea polarității, un indicator de polaritate ca în fig. 3.7.2.

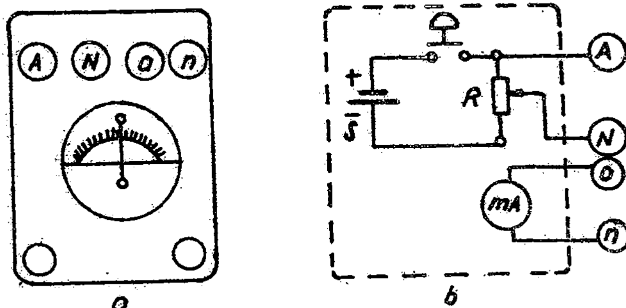


Fig. 3.7.2. Indicatorul de polaritate: a - aspectul exterior; b - schema electrică interioară.

Suplimentar, față de schema din fig.3.7.1., indicatorul de polaritate poate fi prevăzut cu o rezistență de circa 1ooo Ω , reglabilă continuu (reostat) sau în 4-5 trepte, pentru reglarea curentului care trece prin aparatul indicator și protecția lui.

Pentru transformatoarele capacitiv-inductive de tipul TECU-11o-4oo kV, pentru verificarea polarității se poate utiliza schema din fig. 3.7.3.

Spre deosebire de transformatoarele inductive, în cazul transformatoarelor capacitive, miliampermetrul se conectează cu borna minus la începutul înfășurării secundare și cu borna plus,la sfîrșitul ei.

Se rotește manivela megohmmetrului pînă la atingerea turației nominale, după care se apasă butonul B timp de 2- 3 sec. La o polaritate corectă, miliampermetrul, montat ca în fig.3.7.3., va devia spre dreapta pentru scurt timp.

La întreruperea circuitului, acul aparatului va devia spre stînga, pentru scurt timp.

Pentru transformatoarele de tensiune trifazate, în locul verificării polarității, pentru verificarea corectitudinii legăturilor interioare ale înfășurărilor primare, respectiv secundare, se determină grupa de conexiuni a acestuia, ca la transformatoarele de putere. Descrierea metodei de verificare este dată în "Instrucțiunea tehnologică de verificare preventivă a transformatoarelor de putere".

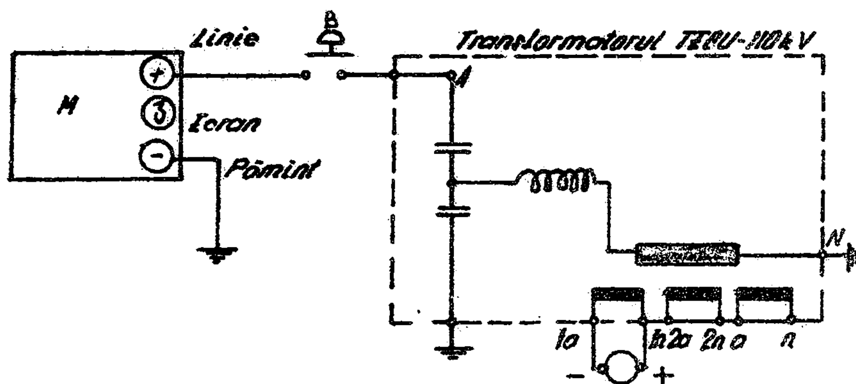


Fig.3.7.3. Schema de principiu pentru determinarea polarității bornelor transformatoarelor capacitiv-inductive, TECU-110-400 kV: M - megohmmetrul de 2500 V, tip MC-05; mA -aparatul universal tip AVOMET de 0-3 mA; B - butonul cu revenire tip BF-6, de 6 A-500 V.

3.7.3. Măsuri suplimetare de protecție a muncii

Pentru verificarea polarității se alimentează (cu curent continuu) obligatoriu înfășurarea primară a transformatorului de tensiune. În aceste condiții transformatorul verificat, funcționînd ca transformator coborîtor la bornele înfășurării secundare nu pot apare impulsuri de tensiune periculoase pentru echipa de încercare, evitîndu-se totodată și deteriorarea aparatului indicator.

3.8. Verificarea raportului de transformare la transformatoarele de tensiune

3.8.1. Scopul probei

Proba are drept scop punerea în evidență a unor defecte de bobinaj sau în miezul magnetic, intervenite în cursul transportului de la fabricant la locul de montaj, sau în cursul exploatării.

Verificarea raportului de transformare este prevăzută prin STAS 4323-70 și prin normativul PE 116/80.

3.8.2. <u>Aparatura necesară, scheme de măsură</u>

Avînd în vedere gama mare de tensiuni şi varietatea de tipuri constructive, se prezintă în continuare aparatura necesară şi schemele de montaj pentru verificare, atît a transformatoarelor de msăură inductive, cît şi a celor capacitive, în două variante, şi anume:

- scheme de încercare utilizînd aparatură specializată;
- scheme de încercare utilizînd montaje realizate din piese separate.

În general, verificarea raportului de transformare se execută la tensiunea nominală, însă pentru transformatoarele cu tensiuni de 22o şi 4oo kV această verificare se poate efectua şi la o tensiune mai mică decît cea nominală dar nu mai mică decît 3o % din tensiunea nominală.

3.8.2.1. <u>Aparatura necesară</u>

3.8.2.1.1. Aparatura necesară cînd se utilizează instalaţii specializate

Pentru verificarea raportului de transformare, sînt necesare următoarele aparate şi instalaţii:

- laborator mobil LM3;
- transformator de tensiune, cu tensiunea nominală egală sau mai mare decît tensiunea nominală a transformatorului care se verifică, despre care se ştie că este corespunzător: 1 buc.;
- voltmetru electromagnetic sau electrodinamic de clasă o,2 sau o,5, cu tensiunea de o - 1oo V: 2 buc., cu verificarea metrologică la zi;
- cordoane de legătură.

3.8.2.1.2. Aparatura necesară cînd se utilizează scheme de verificare realizate din piese separate:

- suport cu siguranţe fuzibile sau automate de 4 ÷ 6 A sau de 1o ÷ 16 A.

Siguranţele de 4 ÷ 6 A se folosesc cînd se verifică transformatoare inductive de tensiune de 6 - 35 kV.

Siguranţele de 1o ÷ 16 A se folosesc cînd se verifică transformatoarele inductive de tensiune de 11o - 22o kV;

- autotransformator reglabil ATR 8 (8 A) sau ATR 18 (18 A).

Autotransformatorul reglabil de 8 A se foloseşte la verificarea transformatoarelor inductive de 6-35 kV, iar autotransformatorul de 18 A se foloseşte la verificarea transformatoarelor inductive de 11o-22o kV;

- transformator de tensiune inductiv cu tensiunea nominală egală sau mai mare decît cea a transformatorului care se verifică, folosit ca sursă de tensiune;

- transformator de tensiune inductiv, cu tensiunea egală sau mai mare decît a celui care se verifică, despre care se știe că este în clasă;

- voltmetru electromagnetic sau electrodinamic, de clasă o,2 sau o,5, de o-loo V; 2 buc., cu verificarea metrologică la zi;

- cordoane de legătură.

3.8.2.2. Scheme de verificare

3.8.2.2.1. Scheme de verificare utilizînd aparatură specializată

Schema de verificare prezentată mai jos poate fi folosită la verificarea transformatoarelor de măsură de tensiune inductive și capacitive, cu tensiuni de la 6 la 4oo kV, inclusiv.

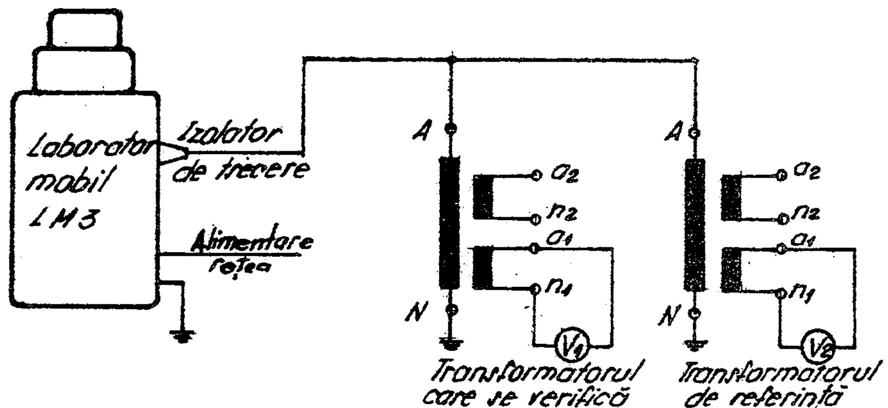


Fig.3.8.2.2.1. Verificarea izolației transformatoarelor de tensiune, folosind laboratorul mobil LM3.

La verificarea transformatoarelor cu tensiuni de llo - 4oo kV, inductive sau capacitive, ca transformator de referință poate fi folosit unul din transformatoarele de măsură de pe una din fazele vecine.

În afară de legăturile prezentate în fig.3.8.2.2.1., în interiorul laboratorului mobil se vor mai executa

următoarele comutări şi legături:

- comutatorul de alegere CA se aşază pe poziţia ÎNCERCARE UIT;

- borna de I T a transformatorului de 7o kV se leagă la borna superioară a separatorului de punere la pămînt, iar acesta se racordează la izolatorul de trecere, montat în fereastra laboratorului mobil.

3.8.2.2.2. Scheme de încercare, utilizînd montaje din piese separate

Schema prezentată în fig.3.8.2.2.2. poate fi utilizată pentru verificarea transformatoarelor cu tensiuni de 6-4oo kV, inductive sau capacitive.

Avînd în vedere dificultăţile de transport al transformatoarelor cu tensiuni mari, se recomandă utilizarea ei la verificarea transformatoarelor inductive cu tensiuni de 6-llo kV, inclusiv.

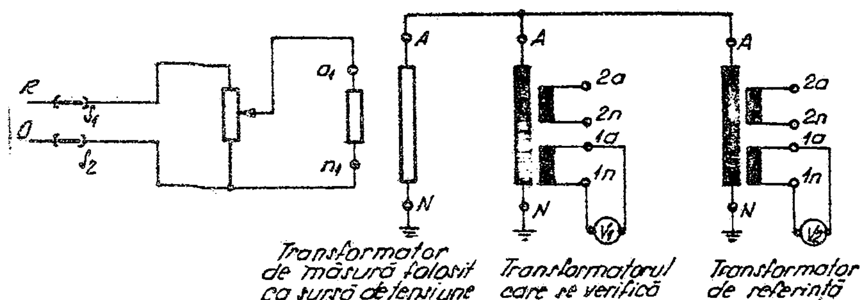


Fig.3.8.2.2.2. Schema de încercare a izolaţiei transformatoarelor de tensiune, utilizînd montaj din piese separate.

Pentru verificarea transformatoarelor inductive de llo kV, transformatorul folosit ca sursă de tensiune, cel care se verifică şi cel de referinţă pot face parte din aceeaşi celulă.

Pentru verificarea celor trei transformatoare din celulă se inversează pe rînd funcţiile lor.

3.8.3. Modul de execuţie a verificării

3.8.3.1. Modul de execuţie a verificării utilizînd o instalaţie specializată

Pentru executarea verificării raportului de transformare, folosind laboratorul mobil LM3 , se execută următoarele operaţii:

- se verifică încă o dată montajul efectuat, conform fig.3.8.2.2.1. şi indicaţiilor de la pct.2.2.1., în special legăturile la pămînt;
- se montează îngrădiri în jurul pieselor aflate sub înaltă tensiune. Îngrădirea trebuie să cuprindă şi peretele lateral al autolaboratorului, pe care se află izolatorul de trecere şi uşa de acces în compartimentul de înaltă tensiune.

Cordoanele de legătură dintre voltmetrele V_1 şi V_2 vor fi suficient de lungi, astfel ca acestea să se afle în afara îngrădirii;

- se alimentează laboratorul mobil de la reţea;
- se alimentează pupitrul de comandă, prin intermediul cheii aflate pe panoul frontal;
- se deschide separatorul de punere la pămînt al autolaboratorului;
- se apasă butonul ÎNCERCARE;
- se creşte tensiunea pînă la valoarea prescrisă şi se citesc indicaţiile celor două voltmetre;
- se coboară lin tensiunea, se deconectează circuitul de încercare, se închide separatorul de punere la pămînt şi se întrerupe alimentarea pupitrului de comandă al laboratorului mobil;
- se deconectează alimentarea laboratorului mobil de la reţea;
- se desfac îngrădirile montate în vederea verificării;
- se desfac cele două voltmetre;
- la verificarea transformatoarelor de tensiune capacitive, se şuntează cu un conductor borna de înaltă tensiune a condensatorului cu masa. În acest timp, separatorul de punere la pămînt va rămîne tot timpul închis. Numai după această operaţie, este permisă desfacerea legăturii dintre transformatorul capacitiv şi izolatorul de trecere al laboratorului mobil. Conductorul de şuntare va rămîne pe transformatorul capacitiv, pînă la racordarea acestuia la barele de înaltă tensiune ale staţiei.

În continuare, se reface schema de funcţionare iniţială în instalaţie a transformatorului verificat.

3.8.3.2. Modul de execuţie a verificării utilizînd un montaj realizat din piese separate

În vederea verificării, se efectuează următoarele operaţii:

- se verifică încă o dată montajul efectuat conform fig.3.8.2.2.2. , în special legăturile la pămînt;
- se montează îngrădirile celor trei transformatoare, sursa, transformatorul de verificat şi transformatorul de referinţă. Se va avea grijă ca autotransformatorul reglabil şi cele două voltmetre să aibă cordoane suficient de lungi, astfel încît să fie în afara zonei îngrădite;
- se alimentează montajul de la reţea, avînd grijă ca autotransformatorul să fie pe zero;
- se creşte tensiunea pînă la valoarea prescrisă şi se citesc cele două voltmetre;
- se coboară lin tensiunea pînă la zero;
- se deconectează alimentarea de la reţea;
- se descarcă partea de înaltă tensiune a montajului, punînd o ştangă pe borna transformatorului folosit ca sursă.

Dacă transformatorul de încercat şi cel de referinţă sînt de tip capacitiv, atunci capacitatea de înaltă tensiune se va şunta cu un conductor de masă. Acest conductor va rămîne montat pînă la legarea transformatorului capacitiv la bornele staţiei.

În continuare, se reface schema iniţială de funcţionare a trensformatorului care a fost verificat.

3.8.4. Interpretarea rezultatelor

Pentru interpretare, se consideră de fiecare dată ca bun transformatorul de referinţă.

În funcţie de valorile citite pe cele două voltmetre, se determină transformatorul de măsură cu raport necorespunzător.

De exemplu, la verificarea raportului de transformare a transformatoarelor de tensiune inductive dintr-o celulă de 110 kV echipată cu trei transformatoare de tip TEMU - 110, se utilizează succesiv cele trei transformatoare (fig. 3.8.2.2.2.): sursă, transformatorul de verificat şi transformatorul de referinţă.

După efectuarea celor trei măsurători (cîte una pentru fiecare din transformatoare), se poate obţine o situaţie ca cea de mai jos:

Verificarea	Transformatorul,faza, funcţia şi valoarea măsurată, V		
	R	S	T
I	sursă -	verificat 99	referinţă 1oo
II	referinţă 1oo	sursă -	verificat 1o1
III	verificat 1oo	referinţă 1oo	sursă -

La analiza măsurătorilor, se compară valoarea tensiunii indicată de transformatorul de referinţă, cu valoarea tensiunii transformatorului verificat.

Din tabelul de mai sus, se observă că transformatorul necorespunzător este cel de pe faza T, deşi după prima măsurătoare am fi tentaţi să afirmăm că cel de pe faza S este cel necorespunzător.

3.8.5. <u>Măsuri speciale de N.P.M. şi P.S.I.</u>

3.8.5.1. <u>Măsuri speciale de N.P.M</u>

La efectuarea lucărilor de verificare a raportului de transformare, se vor respecta "Normele de protecţie a muncii în instalaţii electrice", aprobat cu ordinul M.E.E., nr. 335/1968.

Avînd în vedere că această verificare se execută la înaltă tensiune, după terminarea verificării, transformatorul verificat se va descărca cu o ştangă legată la pămînt.

La transformatoarele de tensiune capacitive, condensatorul de înaltă tensiune se va descărca şi se va şunta imediat cu un conductor care va rămîne pe condensator pînă în momentul în care acesta se leagă la bornele staţiei.

3.8.5.2. <u>Măsuri P.S.I.</u>

La verificarea transformatoarelor de tensiune cu ulei, se va aduce în zona de lucru un număr de stingătoare cu praf şi CO_2, corespunzător volumului de ulei conţinut în cuva transformatorului .

3.9. Ridicarea caracteristicii de mers în gol

3.9.1. Scopul încercării

Conform normativului PE 116/8o, ridicarea caracteristicii de mers în gol se execută numai la transformatoarele inductive monofazate, mono şi bipolare, fiind obligatorie la punerea în funcţiune a acestora, sau cu ocazia unor reparaţii accidentale ale înfăşurărilor. Execuţia ei are drept scop:

- depistarea unor scurtcircuite între spirele înfăşurării primare sau între spirele înfăşurărilor secundare, ca urmare a unor defecţiuni intervenite în timpul transportului, al manipulării la montaj sau la demontarea transformatorului, în cazul reparaţiei;
- punerea în evidenţă a unor defecţiuni ale miezului magnetic (tole scurtcircuitate), survenite în aceleaşi condiţii.

Prezenţa unui defect de acest tip este pusă în evidenţă de creşterea curentului de mers în gol al transformatorului şi de apariţia cotului de saturaţie al curbei de mers în gol la tensiuni inferioare tensiunii nominale a transformatorului.

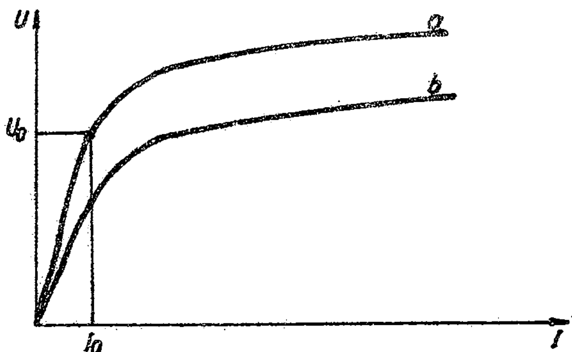


Fig.3.9.1. Alura caracteristicii de mers în gol pentru: a) transformator de tensiune normal; b) transformator de tensiune cu spire scurtcircuitate sau tole magnetice scurtcircuitate.

Întrucît fabrica furnizoare (I.E.P.C.) nu ridică aceste caracteristici şi nu specifică prin norma internă decît curentul de mers în gol al transformatoarelor de tensiune asimilate, începînd din 198o alura curbei de mers în gol şi valoarea curentului de mers în gol la tensiunea nominală se compară cu valorile iniţiale sau, în cazul transformatoarelor noi, cu curbele ridicate la transformatoarele de acelaşi tip.

3.9.2. <u>Schema de verificare şi utilajul de bază pentru ridicarea caracteristicii de mers în gol la transformatoarele inductive sînt date în fig.3.9.2.</u>

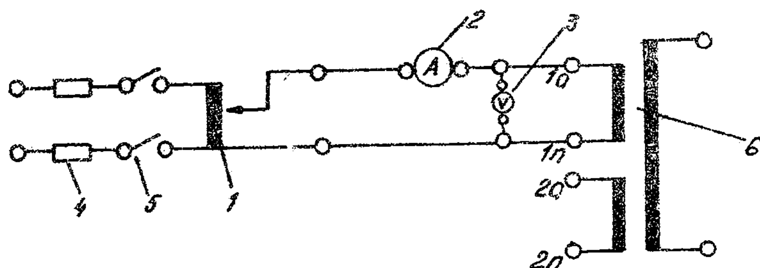


Fig.3.9.2. Schema de principiu pentru ridicarea caracteristicii de mers în gol la transformatorul de tensiune monofazat.

În această figură, notaţiile reprezintă:

1 - Autotransformator reglabil:
  - ATR-8; 22o/o ... 22o V, 8 A - în cazul transformatoarelor de 6 - 35 kV;
  - ATR-5o; 22o/o ... 242 V, 5o A - în cazul transformatorului TEMU - 11o kV;

2 - Ampermetru electromagnetic de clasă o,5, cu următoarele domenii de măsură:
  o ..... 5 A - pentru transformatoarele de 6 - 35 kV;
  o ..... 2o A - pentru transformatorul TEMU -11okV;

3 - Voltmetru electromagnetic de clasă o,5, cu următoarele domenii de măsură:
  o ..... 15o V - atît pentru înfăşurarea de măsură - protecţie $\left(\frac{1oo}{\sqrt{3}} V\right)$, cît şi pentru înfăşurarea auxiliară de protecţie homopolară.

Aparatul va fi cu rezistență internă mare (minimum 1oo Ω /V);

4 siguranțele fuzibile cu patron, sau siguranțe automate de: 1o A - 5oo V, pentru transformatoarele de medie tensiune; 16 A - 5oo V, pentru transformatorul TEMU-11o kV;

5 - heblul bipolar;

6 - transformatorul de tensiune de verificat.

3.9.3. Execuția probei

Transformatorul de tensiune, fiind separat atît pe partea de înaltă tensiune, cît și de circuitele secundare (înfășurările primare și secundare deschise), se alimentează pe rînd cu o tensiune de frecvență industrială, practic sinusoidală, cîte una din înfășurările secundare (în cazul în care transformatorul este prevăzut cu două înfășurări secundare). Pentru evitarea eventualei magnetizări remanente a miezului magnetic, curba se ridică numai în sens crescător, evitîndu-se coborîrea tensiunii pe parcurs sau întreruperea circuitului. Ridicarea caracteristicii se efectuează, de obicei, pînă la tensiunea nominală a înfășurării respective (după caz $\frac{1oo}{\sqrt{3}}$; 1oo $\frac{1oo}{3}$), citindu-se curentul de mers în gol corespunzător. În cazul în care nu se dispune de aparatura necesară pentru execuția încercării izolației înfășurărilor primare cu tensiune alternativă mărită, aplicată sau indusă, conform pct.3.5., proba de mers în gol va fi continuată pînă la 1,3 U_n, menținîndu-se la această valoare timp de un minut.

După ridicarea caracteristicii de mers în gol, tensiunea se reduce la zero.

Ridicarea caracteristicilor se face pe rînd, pentru fiecare secundar în parte, cu valorile citite trasîndu-se curbele de magnetizare, în coordonate normale sau logaritmice.

Un exemplu de trasare a acestor caracteristici pentru un transformator TEMU - 11o kV este dat în fig.3.9.3.

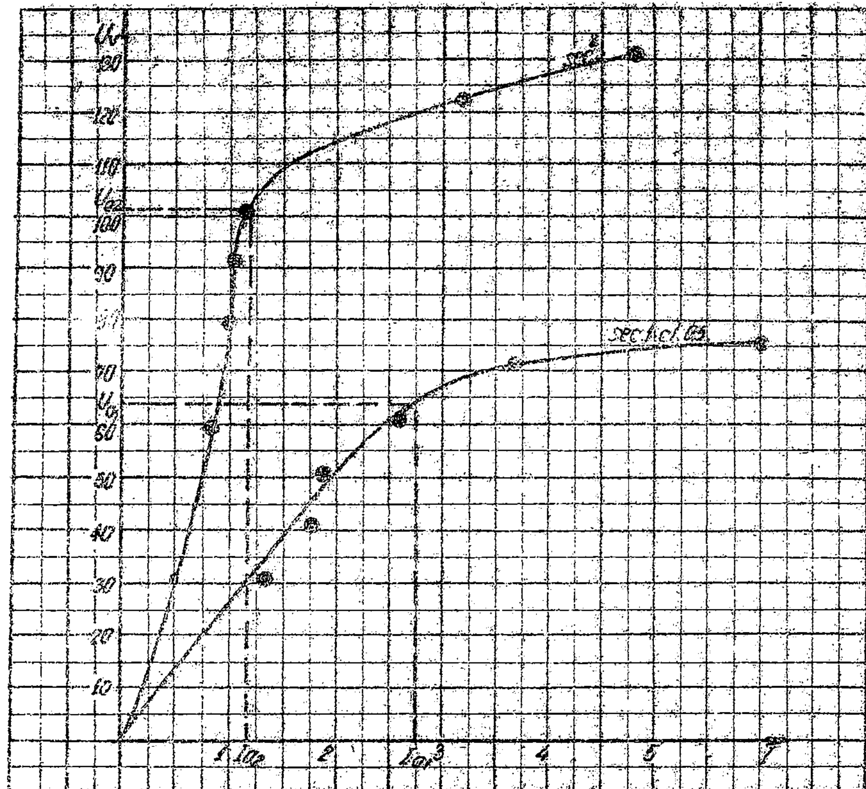


Fig.3.9.3. Trasarea caracteristicile de mers în gol la transformatorul TEMU-11o kV, seria 655.697/1976.

3.9.4. <u>Măsuri soplimetarea de protecție a muncii</u>

Întrucît în timpul ridicării caracteristicii de mers în gol în înfășurarea primară a acestuia se induce înaltă tensiune, este obligatoriu să se ia aceleași măsuri ca în cazul execuției probei cu tensiune indusă, măsuri prevăzute la pct. 3.5.

3.10 Verificarea circuitului antiferorezonant la transformatoarele capacitive TECU-110-400 kV

3.10.1. Scopul probei

Transformatoarele capacitive TECU-110-400 kV sînt dotate cu un circuit antiferorezonant care are rolul de a reduce la minimum, ca amplitudine şi durată, oscilaţiile de ferorezonanţă stabile şi oscilaţiile tranzitorii care pot apare la bornele înfăşurărilor secundare.

Acest circuit se compune din următoarele elemente (fig.3.10.1.):

- condensatorul C_1;
- inductanţele cu miez de fier, cu întrefier reglabil, L_1 şi L_2;
- rezistenţa variabilă cu silit, R_1.

Condensatorul C_1 şi inductanţele L_1 şi L_2 sînt amplasate în interiorul cuvei inductive, în timp ce rezistenţa R_1 este amplasată în cutia de borne, în spatele plăcii de borne, în colţul drept superior al acesteia, borna "a" a acesteia fiind accesibilă din exterior, fără demontarea plăcii de borne.

Întrucît în exploatare au fost constatate relativ frecvente deteriorări ale condensatorului C şi ale rezistenţei cu silit R_1, scopul probei este de a verifica, fără decuvarea părţii inductive a transformatorului, integritatea circuitului antiferorezonant pe baza măsurării căderii de tensiune U_R, pe rezistenţa cu silit R_1. În cazul în care se obţin valori neconcludente sau la limită măsurarea căderii de tensiune U_R se completează cu măsurarea curentului I_R care se scurge la pămînt prin rezistenţa R_1.

3.10.2. Schema de verificare şi utilajul necesar

În funcţie de modul de conectare a transformatoarelor capacitive, în instalaţia respectivă se poate utiliza una din următoarele scheme de măsură:

a) pentru transformatoarele de tensiune conectate direct la bare (linie), proba se poate face prin alimentarea transformatorului dintr-o sursă separată (laboratorul mobil LM3), prin aplicarea unei tensiuni reduse (30 kV) pe unitatea de bază a stivei de condensatoare, fixată direct pe capacul cuvei;

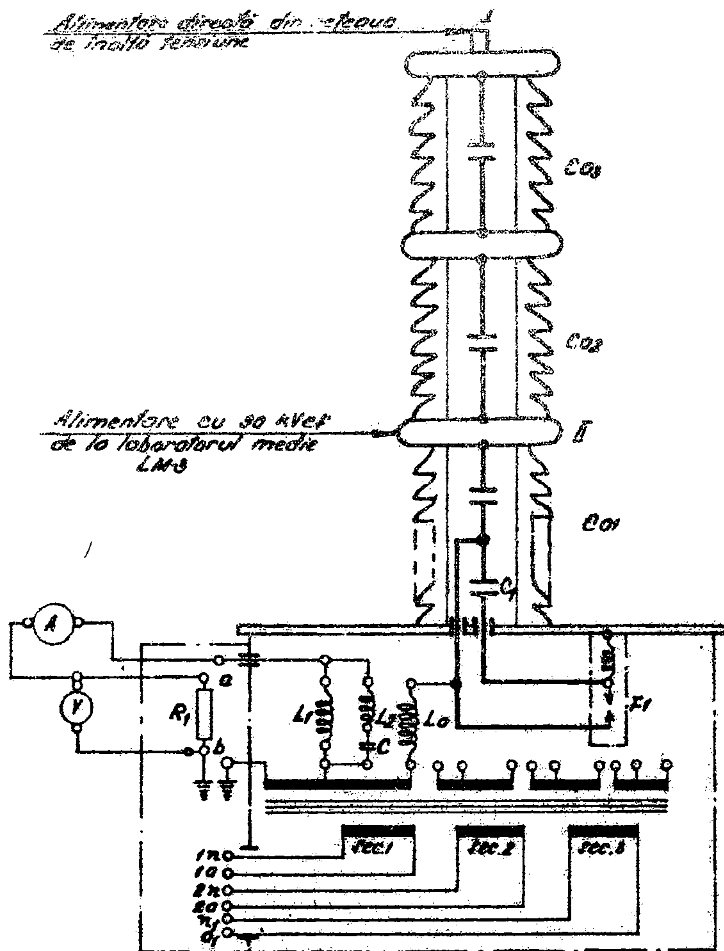


Fig.3.1o.1. Schema de verificarea a circuitului antiferorezonant la transformatorul TECU-4oo kV.
I - În cazul alimentării transformatorului direct la tensiunea rețelei, tensiunea se aplică pe borna de IT a transformatorului.
II - La alimentarea din sursă separată cu tensiune redusă (3o kV), tensiunea se aplică pe ultimul element al stivei de condensatoare.

b) pentru transformatoarele de tensiune capacitive conectate prin separator la barele stației sau pentru celulele de linie care permit cu ușurință conectarea și deconectarea (linii cu dublu circuit, consumatori de mică importanță, consumatori cu mai multe alimentări de rezervă etc.), verificarea circuitului antiferorezonant se poate face atît prin alimentarea dintr-o sursă separată (metoda "a") la tensiune redusă, cît și prin alimentarea la tensiunea nominală, prin conectarea transformatorului direct la tensiunea rețelei (pct-I din fig.3.1o.1., reprezentînd borna de înaltă tensiune a transformatorului).

Pentru verificarea căderii de tensiune pe rezistența R_1 și a curentului I_R, se utilizează următoarele aparate (fig. 3.1o.1):

V - Voltmetru electromagnetic, de clasă o,5 sau 1, cu următoarele domenii de măsură:

o .... 15o V;
o .... 3oo V;

A - Miliampermetru electromagnetic de clasă o,5 sau 1, cu următoarele domenii de măsură:

o .... o,1 A;
o .... 1 A;
o .... 5 A.

Atît voltmetrul V, cît și miliampermetrul A se pot înlocui cu aparate universale cu redresare.

3.1o.3. Execuția probei

a) Pentru transformatoarele de tensiune capacitive conectate prin separator, la care verificarea se poate face și prin conectare directă la tensiunea rețelei;

- se deconectează separatorul celulei de măsură (linie) și se montează scurtcircuitoare mobile la bornele de înaltă tensiune ale transformatoarelor capacitive de pe cele trei faze;

- se efectuează montajul voltmetrului V (în caz de necesitate și al miliampermetrului A) ca în fig.3.1o.1. Pentru reducerea manevrelor de separator, este de dorit ca măsurarea să se facă simultan pe cele trei faze, prin montarea a trei voltmetre și a trei miliampermetre.

Racordarea miliampermetrului se face prin desfacerea conductorului care iese din interiorul cuvei la borna "a" a rezistenței cu silit și intercalarea aparatului între capătul acestuia și borna "a".

Pentru execuția legăturilor se vor utiliza conductoare cu papuci, cu strîngerea acestora prin șuruburi.

Este interzisă utilizarea crocodililor pentru conectarea aparatelor, pentru a se preveni un scurtcircuit la bornele secundare ale transformatorului capacitiv, în cazul smulgerii unuia din firele de legătură.

- se demontează scurtcircuitoarele mobile de pe bornele de înaltă tensiune;

- se conectează din nou, prin separator, cele trei transformatoare la tensiunea reţelei şi se citesc tensiunile U_R şi curenţii I_R, prin rezistenţa R_1;

- în caz că domeniile de măsură stabilite iniţial, o - 300 V pentru voltmetru şi o - 1 A pentru miliampermetru, nu sînt corespunzătoare, se repetă manevra de separator şi se schimbă domeniul de măsură al aparatelor.

Este interzisă modificarea domeniului de măsură al aparatelor cu transformatoarele capacitive conectate la reţea.

b) Pentru transformatoarele capacitive conectate direct la bare (linie), la care verificarea se face dintr-o sursă separată:

- se separă bara (celula) de restul instalaţiei sub tensiune;

- se montează scurtcircuitoare mobile pe bornele de înaltă tensiune ale transformatoarelor capacitive de pe cele trei faze;

- se demontează cordoanele de legătură de la bornele de înaltă tensiune ale celor trei transformatoare capacitive;

- se efectuează montajul voltmetrului şi ampermetrului ca la pct.a;

- se conectează conductorul de înaltă tensiune al laboratorului mobil la ultimul element al stivei de condensatoare, fixat direct de cuva transformatorului (pct.II, din fig.3.1o.1.). În cazul transformatorului TECU - 11o kV, punctul respectiv este chiar borna de înaltă tensiune a transformatorului;

- se alimentează pe rînd fiecare transformator cu 3o kV_{ef} şi se citesc indicaţiile aparatelor.

3.1o.4. Interpretarea rezultatelor

Interpretarea rezultatelor se face în conformitate cu normativul PE 116/8o, pct.7.12., avînd în vedere următoarele elemente suplimentare:

- în cazul unui circuit antiferorezanant întrerupt, în funcţie de tensiunea primară aplicată transformatorului, tensiunea U_R poate atinge următoarele valori, în timp ce curentul I_R este zero:

Tensiunea primară aplicată	U_R, V	I_R, A
U_n	>300	o
3o kV_{ef}	>15o	o

- În cazul străpungerii (şuntării) rezistenţei R_1, căderea de tensiune U_R este zero, în timp ce curentul I_R, în funcţie de natura defectului, poate avea următoarele valori:

Tensiunea primară aplicată	U_R, V	I_R, A	Defectul constatat
U_n sau 3o kV_{ef}	o	<o,1 A	Străpungerea (şuntarea) rezistenţei R_1
		>1 A	Deteriorarea lui C_1, L_1 sau L_2, urmată de străpungerea lui R_1

3.1o.5. Măsuri suplimetare de protecţie a muncii

Aparatele de măsură se montează la sol, la o distanţă de circa 3 m de suportul transformatoarelor capacitive.

Atîta timp cît se aplică înalta tensiune pe transformatoarele capacitive, este interzisă atingerea aparatelor de măsură sau comutarea domeniului de măsură. Comutarea domeniului de măsură se va face numai cu transformatoarele capacitive scoase de sub tensiune.

B. INSTRUCȚIUNILE TEHNOLOGICE DE VERIFICARE PREVENTIVĂ A TRANSFORMATOARELOR DE CURENT

1. CLASIFICAREA TRANSFORMATOARELOR DE CURENT ŞI MARCAREA BORNELOR

Prezentele instrucţiuni au în vedere verificarea preventivă a tuturor tipurilor de transformatoare de curent de 6-4oo kV existente în instalaţiile sistemului energetic naţional. Acestea se pot clasifica astfel:

1.1. Din punct de vedere constructiv:

a) tipul suport, cu înfăşurarea primară monospirală sau multispirală. În ce priveşte transformatoarele multispirale, acestea pot fi cu înfăşurarea primară necomutabilă sau comutabilă în una sau mai multe trepte, ca de exemplu, transformatoarele CESU-22o-4oo kV, care, avînd patru secţiuni primare, permit realizarea următoarelor conexiuni primare:

- paralel;
- serie-paralel;
- serie;

b) tipul de trecere, cu înfăşurarea primară, tip bară, făcînd parte integrantă din transformatorul de curent, sau fară înfăşurare primară proprie, transformatorul de curent fiind format numai din înfăşurarea (înfăşurările) secundară care se montează direct pe barele de înaltă tensiune ale instalaţiei.

1.2. Din punctul de vedere al condiţiilor de funcţionare:

a) pentru exterior, putînd fi montate în instalaţii exterioare în care temperatura ambiantă poate varia, conform STAS 4324-7o, între - 3o°C şi + 4o°C, iar umiditatea relativă poate fi de 1oo % la 2o°C;

b) pentru interior, putînd fi montate numai în încăperi închise, în care temperatura ambiantă variază între - 5°C şi + 4o°C, iar umiditatea relativă nu depăşeşte 7o % la 2o°C;

NOTĂ.

Întrucît instalaţiile în care sînt montate transformatoarele de tensiune de exterior pot fi situate şi în zone poluate, la execuţia probelor se vor indica mă-

surile suplimentare ce trebuie luate înainte de execuția probelor.

1.3. Din punctul de vedere al izolației de bază:

a) transformatoare uscate, la care întreaga construcție sau parțial, numai înfășurarea de înaltă tensiune sau înfășurarea de joasă tensiune sînt înglobate în rășină epoxidică sau în porțelan;

b) transformatoare în ulei, la care partea activă a transformatorului este inclusă în ulei electroizolant.
În ce privește transformatoarele în ulei, utilizate, în special, în exterior, acestea pot fi cu respirație liberă (uleiul din interiorul carcasei izolante fiind în contact direct cu aerul atmosferic) sau etanșe (etanșarea fiind realizată cu ajutorul unui burduf sau o membrană elastică de cauciuc care preia variațiile de volum ale uleiului din interior).

1.4. După numărul înfășurărilor secundare:

a) transformatoare cu o singură înfășurare secundară, pentru măsură (clasa o,5 sau 1) sau protecție (clasa 5 P sau lo P);

b) transformatoare cu două sau mai multe înfășurări secundare, în care una din înfășurări este utilizată pentru măsură și restul, pentru protecție.

NOTĂ.

În privința înfășurărilor secundare, acestea pot fi necomutabile (fără prize) sau comutabile, fiind prevăzute cu 1 ÷ 3 prize care permit obținerea mai multor rapoarte de transformatoare pentru aceeași conexiune primară.

1.5. După curentul nominal al înfășurărilor secundare:

a) transformatoare pentru curentul secundar de 1 A;
b) transformatoare pentru curentul secundar de 5 A.

1.6. Din punctul de vedere al tensiunii primare:

a) transformatoare de medie tensiune de 6 - 35 kV, conectate în rețelele cu neutru izolat, compensat sau pus la pămînt prin rezistență;

b) transformatoare de înaltă tensiune de 11o-4oo kV, conectate în rețele cu neutrul legat efectiv la pămînt.

Principalele tipuri de transformatoare de curent fabricate în prezent în țară sînt:

A. Pentru medie tensiune:

a) transformatoarele de curent CIRS de 1o; 2o și 35 kV;

Transformatoare de interior, tip suport, cu izolație din rășini epoxidice, cu înfășurarea primară comutabilă în raportul 1 : 2 sau necomutabilă, pentru rapoarte de transformare între 15/5/5 A .... 6oo/5/5 A.

b) transformatoare de curent de trecere, de interior, monospirale CIRT, $CIRT_o$, $CIRT_{os}$, $CIRT_i$ de 1o, 2o și 35 kV, 4oo - 6ooo A, a căror simbolizare are următoarea semnificație:

C - transformator de curent;
I - pentru interior;
R - cu izolație din rășină epoxidică;
T - tip de trecere;
O - monospiral, cu bară de trecere rotundă și cu flanșă mediană de fixare;
os - monospiral, cu bară de trecere rotundă (o) și picior median suport (s);
i - monospiral, cu bară (bare) de trecere dreptunghiulară, de 15oo - 6ooo A.

Transformatoarele de curent de tipul de trecere sînt prevăzute cu două înfășurări secundare de 5 A, din care una de măsură (clasa o,5) și una pentru protecție (clasa 1o P).

NOTĂ.

Pînă în 197o, s-au fabricat în țară și transformatoare de curent de medie tensiune de interior, de trecere, cu izolație din porțelan, de tipul TTPM-1o, CIPT-1o, TITP-1-1o, CIPT-1-1o, CIPT-1-1ob, CIPT-I-1o care se găsesc încă montate în instalațiile energetice. În prezent, transformatoarele de curent cu izolație de porțelan sînt scoase din fabricație;

c) transformatoarele de exterior, tip suport, CESU-35 kV, cu ulei.

B. Pentru înaltă tensiune:

a) transformatoare tip suport, de exterior, cu primar comutabil în raportul 1 : 2 sau fix, cu o înfășurare secundară de 5 A pentru măsură (clasa o,5) și două înfășurări pentru protecție (clasa 1o P), cu ulei, tip CESU - 11o kV (cu respirație liberă) sau $CESU_e$ -11o kV (etanș).

b) transformatoare tip suport de exterior, cu primar comutabil în raportul 1 : 2 : 4, cu patru înfăşurări secundare de 1 (5) A, din care una pentru măsură (clasa o,5) şi trei înfăşurări pentru protecţie (clasa lo P) cu ulei, tip $CESU_k$ - 22o kV şi $CESU_k$ - 4oo kV.

Transformatoarele sînt de tip etanş, variaţia nivelului de ulei fiind preluată de un burduf de cauciuc situat în capul trafo.

NOTĂ.

La livrarea din fabrică, în cazul cînd nu se specifică expres prin contract, transformatoarele $CESU_k$-22o kV şi 4oo kV au secţiunile primare conectate în serie (16oo A).

1.7. Marcarea bornelor

Atît în schemele de măsură, care alimentează aparate pentru măsurarea puterii active şi reactive sau pentru înregistrarea energiei, cît şi în schemele de protecţie care alimentează relee de distanţă sau direcţionale, transformatoarele de curent trebuie să asigure nu numai transformarea curentului primar cu o eroare garantată, dar şi sensul corect de transformare.

Conform STAS 4324-7o, bornele primare se notează cu literele P_1 şi P_2, iar bornele secundare, cu S_1 şi S_2.

NOTĂ.

La transformatoarele fabricate pînă la 1.o1.72, bornele primare sînt notate cu K şi L, iar bornele secundare, cu k şi ℓ.

În cazul transformatoarelor cu mai multe înfăşurări secundare (CIRS-1o-35 kV; CESU-35 kV; CESU-11o kV etc.), notaţia bornelor este ca în fig. 1.1.

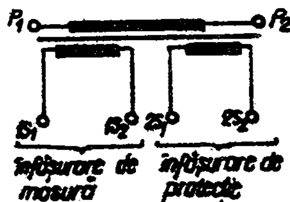


Fig.1.1. Marcarea bornelor, în cazul transformatorului CESU-11o kV.

În cazul transformatoarelor cu mai multe înfășurări secundare prevăzute și cu prize, în vederea obținerii unei game mai mari de rapoarte de transformare (transformatoarele CESU$_k$ - 22o și CESU$_k$ - 4oo kV), notația bornelor este ca în fig.1.2.

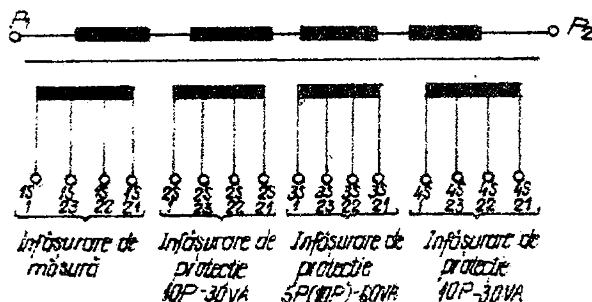


Fig.1.2. Marcarea bornelor, în cazul transformatoarelor CESU$_k$ - 22o și CESU$_k$ - 4oo kV.

În funcție de conexiunea primară și de priza înfășurării secundare aleasă, aceste transformatoare oferă următoarea gamă de curenți nominali primari:

Conexiunea		Curentul nominal primar, A		
primară	paralel serie-paralel serie	16oo 8oo 4oo	12oo 6oo 3oo	1ooo 5oo 25o
secundară	secundar 1	$1S_1-1S_{21}$	$1S_1-1S_{22}$	$1S_1-1S_{23}$
	secundar 2	$2S_1-2S_{21}$	$2S_1-2S_{22}$	$2S_1-2S_{23}$
	secundar 3	$3S_1-3S_{21}$	$3S_1-3S_{22}$	$3S_1-3S_{23}$
	secundar 4	$4S_1-4S_{21}$	$4S_1-4S_{22}$	$4S_1-4S_{23}$

2. PREGĂTIREA TRANSFORMATOARELOR PENTRU PROBE

Verificarea preventivă a transformatoarelor de curent se execută pe bază de autorizaţie de lucru, cu scoaterea parţială de sub tensiune a instalaţiei (celula de linie, cuplă sau transformator în care sînt montate transformatoarele de curent ce urmează a se verifica).

Pe lîngă măsurile tehnice şi organizatorice prevăzute în "Normele de protecţie a muncii pentru instalaţii electrice", pentru execuţia acestei categorii de lucrări, în vederea asigurării corectitudinii şi a reproductibilităţii rezultatelor, se impune luarea următoarelor măsuri pregătitoare, înainte de începerea verificărilor:

2.1. Separarea transformatoarelor de măsură de circuitele instalaţiei

Atît în instalaţiile exterioare, cît şi în cele interioare separarea transformatoarelor trebuie efectuată atît pe partea de înaltă tensiune (prin separarea lui vizibilă din ambele părţi cu ajutorul separatoarelor şi prin demontarea legăturilor la bornele primare ale transformatoarelor), cît şi pe partea secundară.

Separarea transformatorului pe partea de înaltă tensiune, prin demontarea legăturilor primare, se impune, în special, în cazul verificărilor de izolaţie, (măsurarea rezistenţei de izolaţie, a tg δ etc.), pentru a nu măsura în paralel cu obiectul verificat (transformatorul de măsură) şi alte elemente ale staţiei, care pot falsifica măsurarea. Separarea numai prin deschiderea separatoarelor este insuficientă, întrucît tg δ a izolatorilor de porţelan armaţi cu chit sau ciment de armare este mult mai mare decît cea a transformatoarelor de măsură. Aceeaşi falsificare a rezultatelor se poate produce şi în cazul separării prin deschiderea întreruptorului, din cauza tg δ mult mai mare a uleiului de acţionare a întreruptorului.

Din acest motiv, se recomadă ca cel puţin pentru instalaţiile de 110 - 400 kV să se demonteze legăturile de la bornele transformatorului de măsură verificat, să se scurtcircuiteze legăturile şi să se îndepărteze la cel puţin 1m de capul transformatorului verificat. Legăturile scurtcircuitate vor fi puse la pămînt de ambele părţi ale transformatorului verificat.

În stațiile exterioare de 110-400 kV, în cazul transformatoarelor de curent situate sub cîmpul de bare al celulei, pentru reducerea influențelor electrostatice și electromagnetice asupra obiectului încercat, în special la măsurarea tg δ, se recomandă punerea la pămînt a cîmpului de bare în două puncte, prin închiderea cuțitelor de punere la pămînt ale separatorului (în celulele în care există separatoare cu cuțite de punere la pămînt) sau prin montarea unui scurtcircuitor de punere la pămînt a cîmpului de bare din celulă.

Separarea legăturilor pe partea de joasă tensiune de circuitele stației se impune atît în cazul probelor de izolație care vizează înfășurările secundare (rezistența de izolație, măsurarea tg δ în anumite scheme de măsură, încercarea cu tensiune mărită a secundarelor etc.), cît și în cazul probelor care au drept scop integritatea și precizia de măsură (măsurarea rezistențelor ohmice, ridicarea caracteristicilor volt-ampermetrice, verificarea raportului de transformare etc.).

Prezența sarcinii secundare exterioare în cazul acestor probe conduce la denaturarea rezultatelor și la imposibilitatea comparării rezultatelor obținute cu cele din buletinele de fabrică sau inițiale.

Înainte de deconectarea legăturilor de la bornele secundare, este necesară etichetarea firelor ce urmează a fi demontate. În acest scop, se pot utiliza etichete din carton sau preșpan legate cu sfoară la capătul fiecărui fir.

Pe etichetă se trece denumirea exactă a bornei de la care urmează să se dezlege conductorul.

2.2. Verificarea aspectului exterior

Operațiile de verificare diferă în funcție de tipul transformatorului de măsură:

a) pentru transformatoarele cu izolație de hîrtie impregnată cu ulei, în cuvă metalică sau în carcasă izolantă:

- controlul nivelului de ulei, prin urcarea pe scară la nivelul indicatorului de ulei;
- verificarea stării garniturilor la capul trafo și la bază;
- verificarea lipsei fisurilor în carcasa de porțelan sau în cazul bornelor primare și secundare din porțelan;
- verificarea lipsei scurgerilor de ulei la capul trafo sau la bază și controlul strîngerii șuruburilor de fixare;

- verificarea stării bornelor de joasă tensiune (lipsa scurgerilor de ulei pe la garnituri şi lipsa fisurării bolţurilor).

În cazul constatării scăderii nivelului de ulei, înainte de începerea probelor se face completarea transformatorului cu ulei electroizolant TR-30 nou;

b) pentru transformatoarele cu izolaţie din răşină epoxidică (uscate):

- controlul stării exterioare a carcasei în răşină epoxidică, pentru depistarea unor eventuale fisuri, crăpături sau urme de arc electric pe suprafaţa transformatorului;

- controlul stării bornelor primare şi secundare.

În cazul în care se constată urme de rugină, clemele se curăţă, iar şurubuirle şi piuliţele se înlocuiesc cu altele noi.

2.3. <u>Curăţarea transformatoarelor</u> se face în funcţie de tipul lor, astfel:

a) pentru transformatoarele în ulei, de exterior:

- pentru instalaţiile situate în zone lipsite de poluare industrială, curăţarea constă în simpla ştergere cu o cîrpă curată şi uscată atît a capului trafo, cît şi a carcasei de porţelan. În cazul scurgerilor de ulei pe carcasă, o curăţare bună se poate obţine prin ştergerea porţelanului cu o cîrpă înmuiată în benzină de extracţie (neofalină) sau alcool industrial;

- pentru instalaţiile situate în zone cu poluare industrială, se recomandă execuţia probelor cu ocazia operaţiilor de reungere a carcaselor de porţelan cu vaselină siliconică sau minerală;

- probele de izolaţie se vor efectua, de preferinţă, după îndepărtarea stratului de vaselină siliconică sau minerală saturat cu depuneri şi înainte de aplicarea noului strat, pentru a nu se falsifica unii parametri ai izolaţiei, ca de exemplu, rezistenţa de izolaţie şi tg δ globală;

- în toate cazurile, ştergerea va fi efectuată pînă la îndepărtarea oricărei urme de umezeală de pe suprafaţa carcasei de porţelan;

- în ce priveşte bornele secundare, acestea se vor şterge cu o cîrpă uscată, pînă la îndepărtarea completă a prafului şi a umidităţii;

b) pentru transformatoarele în răşină epoxidică din interior:

- operaţia de curăţare constă în ştergerea lor cu o cîrpă curată şi uscată, pînă la îndepărtarea totală a prafului şi a umidităţii de pe suprafaţa acestora şi de pe bornele secundare.

2.4. Pregătirea locului de lucru și măsuri de protecție a muncii la execuția probelor

Pregătirea locului de muncă și execuția verificărilor preventive la transformatoarele de măsură se vor face în conformitate cu "Normele de protecție a muncii pentru instalațiile electrice", aprobate cu ordinul M.E.E., nr. 198/5-III-1971, ultima ediție.

Lucrările de la pct. 7.3.; 7.4.; 7.5.; 7.8.; 7.9. și 7.1o. din normativul PE 116/8o, la care este necesară alimentarea transformatorului dintr-o sursă independentă de tensiune mărită sau este posibilă apariția înaltei tensiuni pe înfășurarea primară, ca urmare a alimentării cu joasă tensiune a înfășurării secundare, necesită respectarea cu strictețe a cap. 16, "Norme de protecție a muncii specifice la executarea încercărilor profilactice în instalațiile electrice de înaltă tensiune, de la o sursă independentă de tensiune mărită, din "Normele de protecție a muncii". Pentru execuția verificărilor preventive la transformatoarele de măsură, trebuie respectate următoarele măsuri suplimentare:

- scoaterea de sub tensiune a echipamentului supus reviziei trebuie asigurată din toate părțile, prin separarea vizibilă de restul instalației rămasă în funcțiune. Zona de lucru se delimitează fizic , prin îngrădiri provizorii mobile și va fi prevăzută cu plăcuțe avertizoare.

În cazul încercărilor în timpul cărora este posibilă apariția pe înfășurarea primară a unor tensiuni mai mari decît tensiunea lui nominală, este absolut necesară demontarea legăturilor de la borne, pentru asigurarea distanțelor minime necesare între părțile sub tensiune ale instalației și transformatorului încercat.

NOTĂ.

Separarea transformatorului prin demontarea legăturilor primare și secundare este impusă în cazul unor probe chiar de tehnologia încercării, pentru evitarea erorilor, așa cum s-a arătat și la pct.2.1.

- În cazul execuției verificărilor cu aparatura de încercări transportabilă, cînd schema de încercare se realizează chiar în imediata apropiere a transformatorului supus probei, atît obiectul încercat, cît și sursa de înaltă tensiune, conductorul de înaltă tensiune, ca și alte elemente ale schemei aflate sub înaltă tensiune în timpul încercării (de exemplu, condensatorul etalon, în cazul măsurii tg δ), se vor îngrădi separat

şi se vor monta plăcuţe avertizoare: „STAI! ÎNALTĂ TENSIUNE!". În timpul încercării, zona respectivă va fi supravegheată în mod deosebit de unul din membrii echipei, care nu va permite accesul, în timpul probei, nici al membrilor echipei, nici al altor persoane care nu intră în componenţa echipei.

- Echipa de încercări va fi dotată, în mod obligatoriu, cu ştangă de punere la pămînt, fără rezistenţă de limitare. În perioada de pregătire a probei, aceasta este montată pe borna primară a obiectului încercat sau pe borna de înaltă tensiune a sursei de înaltă tensiune. Ştanga se ridică la începerea încercării, la cererea responsabilului de lucarare. La terminarea unei încercări, după deconectarea vizibilă a alimentării schemei de încercare de la reţeaua de joasă tensiune, ştanga este pusă pe borna de înaltă tensiune de către responsabilul de lucrare care anunţă întreaga echipă că tensiunea înaltă a fost deconectată. Numai după aceea se poate trece la schimbarea conexiunii obiectului încercat sau la demontarea montajului.

3. EXECUŢIA PROBELOR

Probele se execută, de preferinţă, în ordinea indicată în normativul PE 116/8o.

În stabilirea ordinei probelor s-a avut în vedere frecvenţa mai ridicată a deteriorărilor de izolaţie, atît la PIF, cît şi în exploatare. Din acest motiv, primele verificări vor fi cele care scot în evidenţă starea izolaţiei transformatoarelor. Pentru evitarea unor defecţiuni ireversibile (străpungeri ale izolaţiei), verificarea izolaţiei va fi începută cu măsurătorile nedistructive, care pun în evidenţă starea izolaţiei, şi anume:

a) prelevarea uleiului electroizolant pentru probe la transformatoarele cu izolaţie internă formată din hîrtie - ulei şi la care normativul PE - 116/8o prevede obligativitatea controlului curent la periodicităţile stabilite;

b) măsurarea rezistenţei de izolaţie a înfăşurărilor;

c) măsurarea tg δ globale a izolaţiei transformatoarelor de 11o - 4oo kV, cu izolaţia internă hîrtie-ulei.

Probele respective sînt sensibile la o degradare în ansamblu a izolației, ca de exemplu, umezirea uleiului sau a hîrtiei electroizolante (în special la transformatoarele cu respirație liberă).

3.1. Prelevarea uleiului electroizolant

3.1.1. Scopul probei

La transformatoarele cu izolație internă formată din hîrtie și ulei electroizolant se execută, după caz, controlul curent sau analiza redusă a uleiului electroizolant, în vederea depistării următoarelor cauze posibile de degradare a acestuia:
- umezirea lui în contact cu umiditatea ambiantă, mai ales în cazul transformatoarelor cu respirație liberă sau a celor cu filtru cu silicagel incorect exploatat;
- oxidarea (îmbătrînirea) uleiului, datorită oxigenului din atmosfera ambiantă sau oxigenului dizolvat în ulei, urmată de apariția reziduurilor;
- poluarea lui, ca urmare a lipsei acurateței de execuție a transformatorului în fabrică, dizolvării în timp a unor materiale care intră în componența transformatorului sau a contaminării lui cu particule solide sau gaze existente în mediul ambiant.

În asociere cu celelalte probe nedistructive, care au în vedere starea izolației globale a transformatorului (rezistența de izolație și tg δ), verificarea uleiului permite tragerea unor concluzii corecte și în privința stării izolației solide, din hîrtie electroizolantă, a transformatorului.

3.1.2. Condițiile specifice impuse la recoltarea probelor

Recoltarea probelor de ulei se face, de regulă, în sezonul cald (aprilie - septembrie), la temperaturi ambiante între 1o° și 3o°C, pe timp uscat și frumos (umiditatea atmosferică relativă, sub 8o %), pentru a se evita contaminarea probei.

Se interzice recoltarea probelor pe timp de ploaie, ceață, brumă, vînt puternic și praf.

Recoltarea probelor de ulei se execută numai la transformatoarele de tensiune inductive de 11o - 22o kV și din cuva inductivă a transformatoarelor capacitive tip TECU - 11o - 4oo kV. Luarea probelor din condensatoarele etanșe ale transformatoarelor capacitive este interzisă.

Recoltarea probei de ulei se face, de preferință, imediat după deconectarea transformatorului (transformatorul de măsură este încă în stare caldă). În această situație, este de presupus că eventuala umiditate în transformator mai este încă cedată de mediul mai cald (bobinajul), mediului mai rece (uleiul de transformator).

3.1.3. Modul de recoltare a probei. Dispozitivul de recoltare

Probele se recoltează numai de la bușoanele speciale de golire și luare a probelor de ulei, situate la baza transformatoarelor.

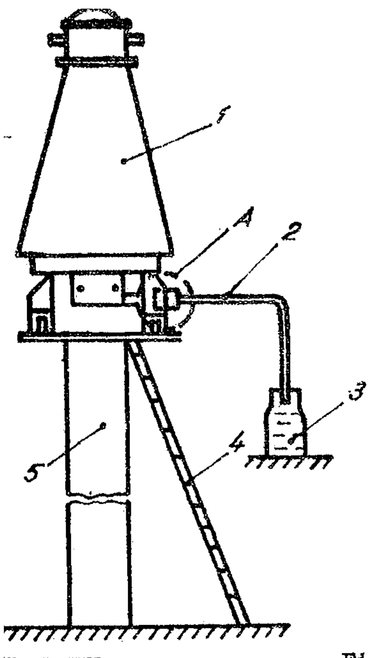
a) Prelevarea uleiului din transformatoarele de curent CESU - 11o kV

Prelevarea uleiului direct în sticlă

Operațiile ce se execută sînt următoarele:
- se fixează scara necesară electricianului care prelevează uleiul, dacă este necesar;
- se deșurubează capacul (de formă hexagonală) cu o cheie reglabilă sau fixă (de 32 mm, respectiv 36 mm, la transformatoarele de fabricație mai veche);
- se șterge cu o cîrpă curată bușonul filetat; nu se va utiliza bumbac pentru a nu rămîne scame care ar putea fi antrenate în sticla de recoltare;
- se slăbește șurubul cu cap hexagonal, pînă cînd începe să curgă ulei în jet continuu;
- se repetă operația de ștergerea a bușonului, de astă dată cu uleiul curgînd:
- se lasă să curgă cel puțin 2 l de ulei;
- se clătesc sticlele cu uleiul care se prelevează;
- se recoltează cantitatea necesară de ulei;
- se fixează dopul sticlei și se asigură contra căderii;
- se completează transformatorul cu ulei corespunzător.

Prelevarea uleiului cu un dispozitiv de recoltare auxiliar

În cazul în care nu este posibilă recoltarea uleiului direct în sticlă, datorită distanței insuficiente dintre bușonul de recoltare și suportul pe care se fixează transformatorul, se va utiliza un dispozitiv de recoltare a uleiului, care se montează după îndepărtarea capacului hexagonal (fig. 3.1.1.).



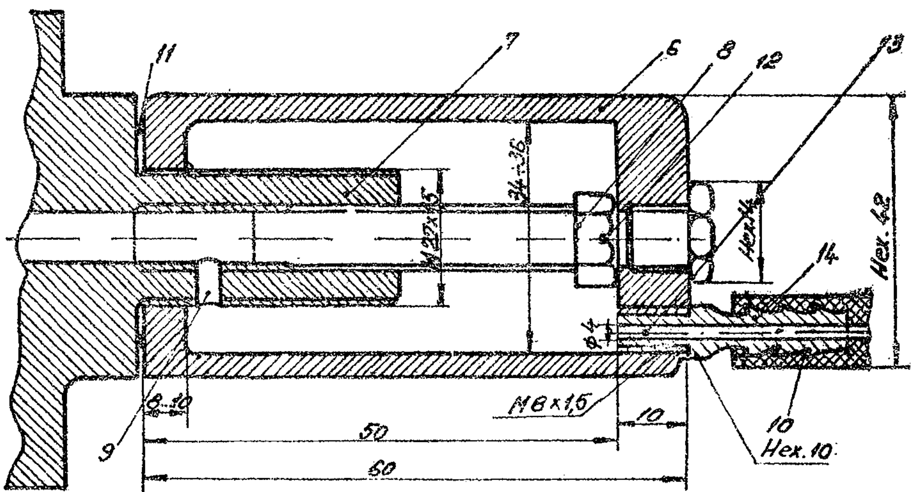


Fig.3.1.1. Prelevarea uleiului de la transformatorul TEMU - 110 kV, cu ajutorul unui dispozitiv de prelevare auxiliar; 1 - transformatorul; 2 - dispozitivul de prelevare a uleiului; 3 - sticla; 4 - scara; 5 - suportul transformatorului; 6 - capacul hexagonal; 7 - buşonul de recoltare a uleiului; 8 - şurubul cu capac hexagonal ; 9 - orificiul pentru scurgerea uleiului; 10 - furtunul din material plastic; 11 - garnitura; 12 - crestătura pentru şurubelniţă; 13 orificiul de scurgere a uleiului; 14 - ştuţul.

<u>Notă</u>. reperele 7, 8, 9 sînt existente;
-crestătura 12 se va face pe loc, cu ferăstrău metalic;
-piesă 6 se va strînge pe garnitură, încît reperul 13 să fie în jos.

Operaţiile ce se execută sînt următoarele:

- se deşurubează capacul şi se şterge cu o cîrpă buşonul filetat;
- se deşurubează puţin şurubul 8;
- se montează dispozitivul din detaliul A;
- se introduce o şurubelniţă pentru deşurubarea şurubului 8;
- se lasă să curgă o cantitate de minimum 2 ℓ de ulei;
- se clăteşte sticla cu ulei;
- se recoltează cantitatea de ulei necesară, introducînd furtunul în sticlă;
- se fixează dopul sticlei şi se asigură contra căderii;
- se deşurubează dispozitivul de prelevare;
- se strînge şurubul 8;
- se remontează capacul hexagonal al buşonului de prelevare;
- se completează transformatorul cu ulei pe la partea superioară.

b) Prelevarea uleiului din transformatoarele de curent CESU$_k$-22o kV şi CESU - 4oo kV

La aceste tipuri de transformatoare, atît datorită tipului constructiv, cît şi datorită modului de amplasare (fixare) pe stelaj, este posibilă recoltarea uleiului direct în sticlă, fără utilizarea unui dispozitiv de recoltare auxiliar.

Modul de prelevare este asemănător celui prezentat la subpct. "Prelevarea uleiului direct în sticlă".

Dacă nivelul uleiului scade mai mult de lo mm, se va face completarea cu ulei corespunzător.

Operaţiile necesare pentru completarea cu ulei sînt următoarele (fig.3.1.2.):

- se deconectează capacul 1;
- burduful 3 se va fixa cu lănţişoarele 7;
- se îndepărtează căpăcelul purjorului de aer 8;
- se completează cantitatea necesară de ulei;
- se desfac lănţişoarele 7;
- se pliază burduful, purjîndu-se aerul de deasupra uleiului;
- se fixează garnitura 4;
- se montează căpăcelul 8, strîngîndu-se cu atenţie şurubul;
- se verifică nivelul de ulei;
- se montează capacul 1.

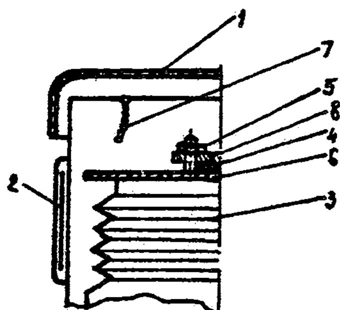


Fig.3.1.2. Completarea cu ulei a transformatoarelor CESU - 22o - 4oo kV: 1 - capacul capului trafo; 2 - indicatorul de ulei; 3 - burduful; 4 - garnitura; 5 - şurubul de strîngere; 6 - orificiul de purjare a aerului sau de completare; 7 - lănţişorul cu ulei; 8 - căpăcelul de purjare a uleiului.

După prelevare, sticlele vor fi duse în timp cît mai scurt la laboratorul chimic sau electric, care va executa analizele.

Pentru o uşoară identificare a probei, sticla de ulei va fi prevăzută cu următoarea etichetă, lipită pe sticlă sau fixată de gîtul sticlei cu sfoară sau sîrmă:

I.R.E.	Data recoltării ....
Secţia	Prilejul recoltării ......
Celula	Transformator ....
Tip trafo	- în funcţiune ....
Faza	- în rezervă .....
Seria	Numele celui care a
Anul de fabricaţie	recoltat proba ....

3.1.4. Măsurile specifice de protecţie a muncii

- Scara se va monta numai după scoaterea de sub tensiune a transformatorului, separarea lui vizibilă de restul instalaţiei şi montarea scurtcircuitorului la borna de înaltă tensiune a transformatorului sau pe cordoanele de legătură primare.
- Scara se va asigura contra căderii de către un alt membru al echipei.
- În timpul prelevării probei, în cazul transformatoarelor montate la o înălţime mai mare de 3 m, electricianul care prelevează proba va fi asigurat contra căderii, prin utilizarea centurii de siguranţă fixată de transformatorul de măsură respectiv.

NOTĂ.

- La transformatoarele de curent se interzice prelevarea probelor de ulei cu transformatorul în funcţiune, din următoarele motive:
  - nu se pot asigura distanţele de izolare prescrise prin "Normele de protecţie a muncii", cap. V, între părţile sub tensiune şi locul de muncă;
  - în cazul în care transformatorul are înainte de prelevare un nivel de ulei scăzut, este posibil ca, în timpul prelevării probei, să se producă o amorsare în interiorul transformatorului, urmată de explozia transformatorului.

3.2. Măsurarea rezistenţei de izolaţie a înfăşurărilor

3.2.1. Scopul probei

Măsurarea are drept scop determinarea modificărilor care intervin în izolaţia transformatoarelor de măsură ca urmare a transportării, depozitării necorespunzătoare sau solicitării ei în exploatare.

În curent continuu, ca orice dielectric industrial, izolaţia formată din hîrtie electrotehnică şi ulei electroizolant are o rezistenţă de izolaţie finită, permiţînd trecerea unui curent de conducţie permanent, chiar după ce fenomenul de polarizare instantanee sau lentă a dielectricului s-a produs (curentul de absorbţie prin dielectric a devenit nul).

În exploatare, în locul curentului care străbate dielectricul, se preferă măsurarea rezistenţei în curent continuu, la o tensiune de măsură dată, care este denumită rezistenţă de izolaţie.

Scăderea rezistenţei de izolaţie în exploatare se poate datora următoarele cauze:

- umezirea parţială sau totală, în timp, a izolaţiei;
- impurificarea izolaţiei interne a transformatoarelor de măsură cu produsele rezultate, ca urmare a degradării uleiului electroizolant în timp;
- existenţa unei căi conductoare, sub forma unui traseu carbonizat, al unei conturnări sau străpungeri.

3.2.2. Aparatura şi metodologia de măsură

Măsurarea rezistenţei de izolaţie la PIF şi în exploatare se execută, în principal, cu următoarele aparate:

- megohmmetrul de 25oo V;
- aparatul pentru măsurarea rezistenţei de izolaţie, tip XS-1 (Ganz).

a) Execuţia măsurării cu megohmmetrul de 25oo V

Pentru măsurare, se pot utiliza megohmmetrele cu manivelă de 25oo V, de fabricaţie sovietică, de tip MS-o5, MS-o6 şi MS-o8.

Schema de principiu a megohmmetrului este dată în fig.3.2.1.

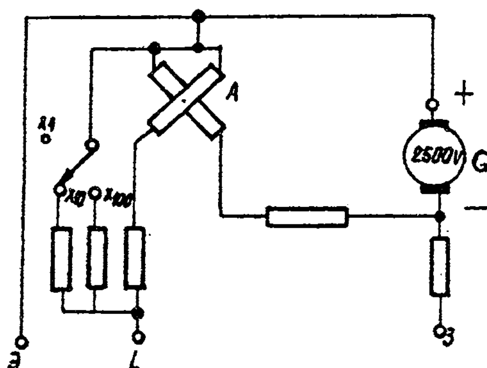


Fig.3.2.1. Schema de principiu a megohmmetrului MS-o6: G - generatorul de curent continuu, cu manivela cu turaţie constantă de 12o rotaţii/min; A - aparatul indicator de tip logometru magnetoelectric etalonat direct în megohmi; L - borna de linie a aparatului; З - borna de pămînt; Э - borna ecran pentru devierea curenţilor de fugă adiţionali.

Pentru conectarea megohmmetrului la transformatorul de măsură verificat se utilizează cordoanele proprii ale aparatului.

În cazul în care nu mai există cordoanele originale, ele se pot confecţiona din conductor de bujie tip VAL sau VAY. Cordoanele vor fi prevăzute cu papuci la ambele capete.

Pentru operativitate, măsurarea se poate efectua prin atingerea bornelor obiectului verificat. În acest caz, se pot utiliza testeri special confecţionaţi, care se fixează la cordoanele de măsură. În fig.3.2.2. este prezentat un astfel de tester:

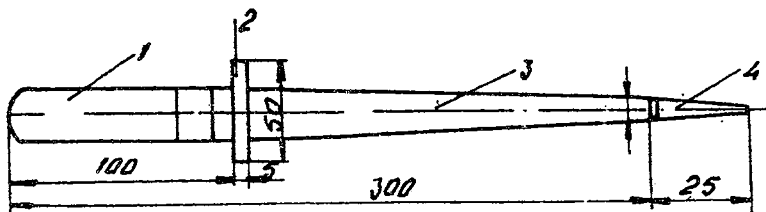


Fig. 3.2.2. Testerul (ştanga) pentru măsurarea rezistenţei de izolaţie: 1 - mînerul izolant; 2 - opritorul;3 - partea izolantă; 4 - vîrful metalic asamblat prin înşurubare.

Testerii se pot confecţiona din bachelită, plexiglas, PVC, vinidur, duramid etc.

Schema principală de conectare a megohmmetrului, la verificarea transformatorului de măsură verificat, este dată în fig.3.2.3.

b) <u>Execuţia măsurării cu aparatul pentru măsurarea rezistenţei de izolaţie tip XS-1 (Ganz)</u>.

Aparatul este un megohmmetru cu citire directă, care permite măsurarea intensităţii curentului la o tensiune continuă dată.

El se compune dintr-o sursă formată dintr-un redresor multiplicator de tensiune tranzistorizat, care furnizează tensiune de încercare stabilizată şi un circuit de măsură.

Aparatul poate furniza trei tensiuni de msăură a rezistenţei de izolaţie de : 1ooo V; 25oo V;şi 5ooo V.

Schema principială de conectare a aparatului pentru măsurarea rezistenţei de izolaţie la transformatorul de măsură verificat este dată în fig.3.2.3.

3.2.2.1. Condiţiile de execuţie a probei

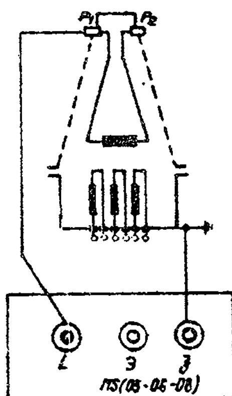
- Măsurarea se execută numai după deconectarea tuturor legăturilor externe primare şi secundare.
- Megohmmetrul se plasează în imediata vecinătate a locului de montaj al transformatorului de măsură.
- Megohmmetrul se va aşeza în timpul încercării pe o platformă izolantă uscată.
- În timpul încercării, cordoanele se vor suspenda în aer, nu se vor atinge între ele şi nici de alte obiecte aflate pe pămînt.
- Aşa cum rezultă din fig.3.2.3.b şi c, în cazul măsurării rezistenţei de izolaţie între înfăşurări, pentru reducerea erorilor datorate curenţilor de scurgere adiţionali (curenţi de fugă pe suprafaţa carcasei de porţelan, curenţi de scurgere prin izolaţia înfăşurărilor spre cuvă etc.), care pot şunta circuitul bobinei în serie a aparatului, se recomandă conectarea cuvei metalice (soclului) transformatorului la borna „ecran" a megohmmetrului.

În cazul măsurării unor rezistenţe de izolaţie scăzute, legarea cuvei la borna "ecran" permite aducerea unor precizări în ce priveşte cauza scăderii izolaţiei, umezirea izolaţiei interne, murdărirea sau umezirea bornelor secundare etc.
- Înainte de începerea măsurării, se verifică starea megohmmetrului:
  - indicarea valorii "zero" la legarea în scurtcircuit a bornelor "linie" şi "pămînt". În caz de necesitate, se reglează poziţia zero a acului indicator;
  - indicarea valorii "infinit", la funcţionarea în gol a megohmmetrului (cu bornele libere).

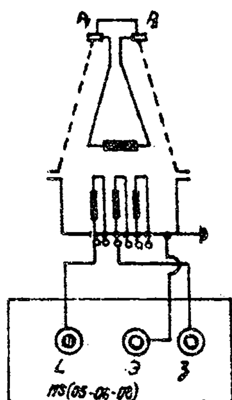
- Măsurarea constă în verificarea succesivă a rezistenţei de izolaţie dintre fiecare înfăşurare şi soclul metalic (cuvă), precum şi între înfăşurări, utilizîndu-se, după caz, schemele din fig.3.2.3.a,b,c sau d.
- În cazul în care unul din punctele între care se efectuează măsurarea este conectat rigid la pămînt, acesta se va lega la borna "pămînt" (3).

3.2.3. Interpretarea rezultatelor

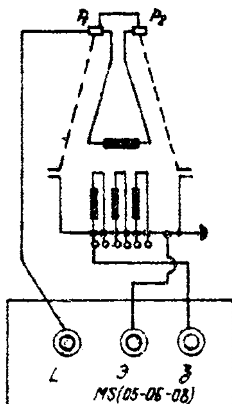
Atît curentul de conducţie, cît şi rezistenţa de izolaţie a unui dielectric depind de dimensiunile lui geometrice. Din acest motiv, pentru compararea valorilor obţinute la PIF şi în exploatare ar trebui normate valori limită nu numai pentru fiecare tip de transformator de măsură în parte, dar şi pentru fiecare sche-



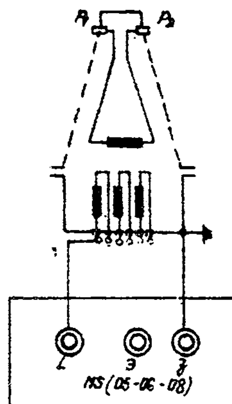
a) Între înfășurarea de înaltă tensiune și soclu (cuvă)



c) Între secundare toate două câte două



b) Între înfășurarea de înaltă tensiune și fiecare înfășurare secundară



d) Între fiecare secundar și cuvă

Fig.3.2.3. Măsurarea rezistenței de izolație la transformatoarele de curent cu megohmmetrul cu manivelă.

mă de măsură posibilă. Avînd în vedere aceste aspecte, valorile măsurate pentru rezistența de izolație nu se pot compara decît cu valori măsurate anterior pe același aparat sau pe aparate de același tip.

În interpretarea rezultatelor trebuie să se țină seama de temperatura transformatorului în momentul măsurării, știut fiind că rezistența de izolație scade relativ mult cu creșterea temperaturii. Din acest motiv, se recomadă efectuarea măsurătorilor la temperaturi cuprinse între 1o°C și 3o°C.

3.2.4. Măsurile specifice de protecție a muncii

Întrucît tensiunea de încercare, în cazul măsurării rezistenței de izolație, este de 2,5 kV, se respectă normele de protecție a muncii specifice la încercarea cu tensiune mărită.

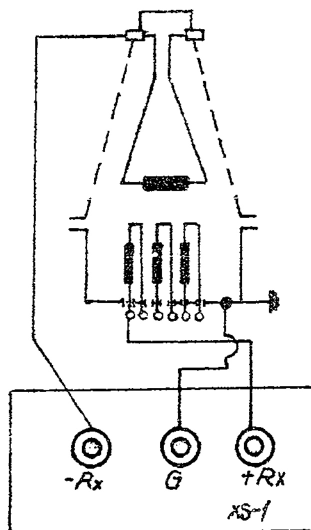


Fig.3.2.4. Măsurarea rezistenței de izolație la transformatoarele de curent, cu aparatul XS-1.

După pregătirea aparatului pentru probe, se trece la execuția măsurării rezistenței de izolație, după metodologia de la pct.3.2.2.a.

3.3. Măsurarea tangentei unghiului de pierderi dielectrice (tg δ) ale izolaţiei principale

3.3.1. Scopul probei

Conform normativului PE 116/8o, proba se execută la transformatoarele de curent de 11o - 4oo kV, cu respiraţie liberă sau etanşe.

Ca şi celelalte probe care au drept scop stabilirea modificărilor intervenite în starea generală a izolaţiei transformatoarelor cu izolaţie hîrtie-ulei (rezistenţa de izolaţie şi calitatea uleiului electroizolant), măsurarea tg δ are drept scop depistarea, în principal, a unei eventuale umeziri a izolaţiei interne a transformatoarelor cu respiraţie liberă, la care uleiul este în contact direct cu aerul atmosferic (transformatorul CESU-11o kV) sau a transformatoarelor etanşe (transformatoarele $CESU_k$-22o şi 4oo kV şi transformatorul $CESU_e$-11o kV), la care variaţiile de volum ale uleiului sînt preluate de către un burduf de cauciuc.

Tangenta unghiului de pierderi dielectrice, cunoscută în literatura de specialitate şi sub denumirea de factorul de pierderi dielectrice, este definită prin raportul dintre componenta activă şi reactivă a curentului care străbate un material electroizolant:

$$tg\ \delta = \frac{I_a}{I_r}$$

În cazul hîrtiei electroizolante impregnată cu ulei şi umezită, componenta activă a curentului ce străbate izolaţia creşte mult, conducînd la o creştere proporţională a tg δ.

Întrucît, în funcţie de condiţiile ambiante şi de încărcarea transformatorului, mediul cel mai umed poate fi izolaţia de hîrtie sau uleiul electroizolant, este necesar ca toate probele care vizează umezirea transformatorului, şi anume:

- rezistenţa de izolaţie;
- prelevarea uleiului pentru verificarea rigidităţii dielectrice;
- măsurarea tg δ

să se facă asociat.

La echipamentele cu izolație internă formată din hîrtie electroizolantă impregnată cu ulei, tg δ pune în evidență, în egală măsură, modificările intervenite ca urmare a îmbătrînirii termice a hîrtiei electroizolante.

Factorul de pierderi dielectrice global al izolației transformatoarelor de măsură este influențat de calitatea uleiului electroizolant cu care acestea sînt umplute, care poate prezenta valori foarte ridicate în exploatare, ca urmare a oxidării lui în prezența oxigenului atmosferic sau a umezirii lui peste anumite limite, în prezența umidității ambiante.

Din acest motiv, analiza rezultatelor verificărilor de izolație trebuie făcută pe ansamblul probelor nedistructive.

3.3.2. Scheme care permit măsurarea factorului de pierderi dielectrice la transformatoarele de curent

a) Scheme pentru măsurarea transformatoarelor de curent CESU - 110 kV

Conexiunea cea mai des utilizată la măsurarea factorului de pierderi dielectrice la transformatoarele de curent este înfășurarea de înaltă tensiune scurtcircuitată față de secundarele scurtcircuitate legate la soclul metalic (cuvă), la care se conectează și eventualele ecrane existente, adică:

$$\text{î.t.} - \text{j.t.} + C + E$$

Această conexiune, recomandată de vechile norme VDE pentru transformatoarele de curent, este preluată de majoritatea firmelor care livrează punți pentru măsurarea factorului de pierderi dielectrice .

Aceeași schemă de măsură a fost adaptată și de fabrica producătoare (I.E.P.C.)pentru tipul respectiv de transformator (suport, fără ecranare interioară a înfășurărilor secundare și cu divizarea izolației principale de hîrtie electroizolantă, pe înfășurarea primară și pe înfășurările secundare).

Conexiunea respectivă permite determinarea unei tg δ globale, cuprinzînd atît starea hîrtiei electroizolante, cît și a uleiului. Conexiunea este foarte avantajoasă din următoarele motive:

- necesită un număr redus de măsurători;
- permite utilizarea unei scheme normale la puntea

de măsură, mult mai uşor de ecranat şi manipulat, determinările fiind mult mai puţin eronate de influenţele electrostatice şi electromagnetice exterioare. Singura condiţie impusă de această schemă este izolarea transformatorului faţă de pămînt, pe durata probei.

O schemă similară se poate adopta şi în cazul măsurării transformatoarelor reparate sau recondiţionate în atelier, avînd în vedere că, pentru a nu influenţa rezultatele, este suficientă introducerea sub soclul transformatorului a unei plăci de sticlotextolit sau pertinax de 1 cm grosime şi care să asigure următoarele condiţii de izolare:

- o rezistenţă de izolaţie faţă de pămînt a transformatorului de 10 MΩ;
- o tensiune de ţinere de 50 Hz - 1 min de 2 kV.

În fig. 3.3.1. este dată schema normală a punţii de înaltă tensiune.

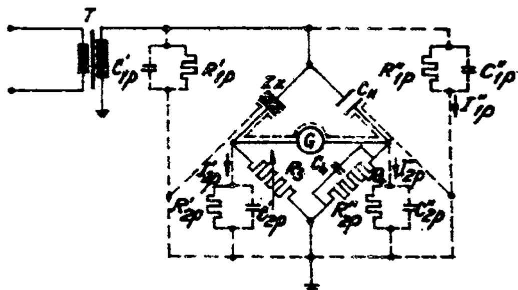


Fig.3.3.1. Schema normală a punctii: T - transformatorul de alimentare; G - indicatorul de echilibru; Zx - obiectul de măsurat; C_N - condensatorul etalon; C'_{1p}, C''_{1p}, R'_{1p}, R''_{1p} - capacităţile şi rezistenţele parazite datorate conductorului de înaltă tensiune; C'_{2p}, C''_{2p}, R'_{2p}, R''_{2p} - capacităţile şi rezistenţele parazite dintre conductoarele de legătură ale obiectului şi condensatorului etalon la punte, faţă de ecrane, precum şi ale braţelor R_3 şi R_4 ale punţii faţă de ecran.

În aceeaşi figură au fost indicaţi şi curenţii paraziţi care se scurg, sub influenţa tensiunii proprii

de alimentare a punţii, prin capacităţile parazite, dintre firul de înaltă tensiune şi braţele ecranate R_3 şi R_4 ale punţii (I'_{1p} şi I''_{1p}), precum şi curenţii I'_{2p} şi I''_{2p} care se scurg prin capacităţile parazite ale firelor de legătură cu puntea ale obiectului de încercat, şi ale condensatorului etalon. În privinţa curenţilor I'_{1p} şi I''_{1p}, în cazul punţilor actuale în care braţele 3 şi 4 ale punţii sînt ecranate printr-un înveliş metalic pus la pămînt, aceştia se scurg direct la pămînt, fără a mai produce o falsă dezechilibrare a punţii, prin închiderea lor la pămînt prin braţele R_3 şi R_4 ale punţii. O ecranare a conductorului de înaltă tensiune, prin utilizarea unui conductor de bujie, introdus într-o tresă metalică pusă la pămînt, reprezintă o soluţie de reducere aproape totală a acestor surse de erori, pentru o tensiune de alimentare a punţii de 1o kV.

În schimb, rămîn în continuare ca surse de erori capacităţile parazite datorate conductoarelor C_x şi C_N de legare la punte, ca şi capacităţile dintre braţele R_3 şi R_4 ale punţii şi ecranul metalic al acesteia.

Aceste erori sînt compensate în cazul unor punţi de precizie (Tottex, Hartmann Braun, Siemens sau chiar puntea de laborator sovietică R-525), prin aplicarea unui potenţial adecvat pe ecranul interior al punţii (punţi prevăzute cu dublă ecranare atît pentru elementele punţii, cît şi pentru cordoanele de legătură C_x şi C_N).

În cazul punţilor de teren MD-16 şi R-595, care nu sînt prevăzute cu regulator al potenţialului de gardă, aceste capacităţi parazite necompensate conduc la unele erori dependente, într-o oarecare măsură, de lungimea conductoarelor C_N şi C_x. Astfel se explică unele valori diferite ale tg δ la măsurarea unor transformatoare de curent în exploatare, cu punţile de teren MD-16 şi R-595, faţă de valorile din fabrică. Una din căile de reducere a acestor erori este utilizarea unor cordoane de legătură la punte pentru C_x şi C_N, de capacitate dată, prospectele acestor punţi limitînd lungimea conductoarelor C_x şi C_N, astfel încît eroarea de măsură a tg δ să nu fie prea ridicată, în cazul unor valori sub o,5 %.

La măsurătorile efectuate în staţiile electrice de transformare, pe lîngă erorile datorate curenţilor parazitari proprii schemei de măsură, pot apare unele erori mult mai mari datorită influenţelor elctrostatice şi electromagnetice.

Schema normală asigură, de obicei, o bună ecranare față de sarcinile electrice apărute pe întreg circuitul, ca urmare a inducției electrostatice. În mod normal, sarcinile electrice apărute pe partea de înaltă tensiune a punții se scurg la pămînt, aproape în totalitate, prin transformatorul de alimentare, iar partea de joasă tensiune a punții este protejată de ecranul pus la pămînt. Unele probleme de ecranare le ridică obiectul de încercat, și anume soclul metalic și bornele secundare care, în general, nu se pot ecrana.

Pentru excluderea acestor influențe se face, de obicei, a doua măsurare a tg δ, prin inversarea fazei tensiunii pe obiect (tensiunea de alimentare a schemei), fie prin schimbarea sensului curentului din înfășurarea de joasă tensiune a transformatorului de alimentare, așa cum prevăd prospectele celor mai multe punți de teren, fie prin alimentarea instalației de măsură de la o altă fază.

În cazul unor influențe electrostatice puternice, se poate întîmpla ca pe una din polarități unghiul δ să fie negativ, majoritatea punților fiind prevăzute cu comutatorul special al condensatorului C_4 și indicînd formulele de calcul pentru acest caz.

În privința influențelor electromagnetice, punțile de teren sînt, în principiu, ecranate contra curenților induși de circuitele de înaltă tensiune ale stației, direct în brațele R_3 și R_4 ale punții, ca și în circuitele indicatorului de nul. Ca o măsură suplimentară se prevede, de obicei, schimbarea sensului curentului în indicatorul de nul. În cazul unor cîmpuri electromagnetice puternice, măsurile respective nu sînt suficiente, fiind necesară o serie de măsuri suplimentare ca: schimbarea poziției punții și a cordoanelor de legătură cu 180°, îndepărtarea punții de sursele de perturbații și, în cazurile de influențe puternice, chiar întreruperea celulelor vecine.

Pentru adaptarea aceleiași conexiuni la determinarea tg δ la transformatoarele de curent din exploatare, care nu au soclul izolat față de pămînt, utilizarea schemei normale nu mai este posibilă.

În astfel de cazuri se utilizează schema "răsturnată" a punții de înaltă tensiune, realizabilă cu ajutorul punților de teren (fig.3.3.2. și 3.3.3.) și care permite măsurarea obiectelor cu un electrod pus la pămînt.

Deși punțile de teren, funcționînd în schemă răsturnată, sînt prevăzute cu un dublu ecran (un ecran

interior, care ecranează braţele R_3 şi R_4 ale punţii, inclusiv indicatorul de echilibru, este legat la borna de înaltă tensiune a transformatorului, iar cel de-al doilea, exterior, este reprezentat chiar de cutia metalică a punţii, care se leagă la pămînt), erorile, în cazul utilizării acestei scheme, sînt mai mari decît în cazul schemei normale, din următoarele motive:

- conductoarele de legătură C_X şi C_N sînt simplu ecranate (ecranul sub tensiune);

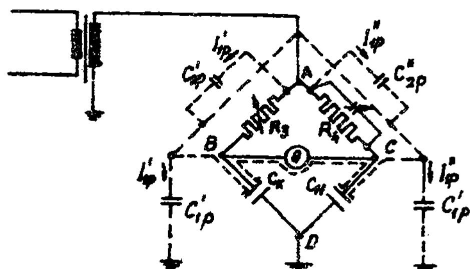


Fig.3.3.2. Schema răsturnată a punţii.

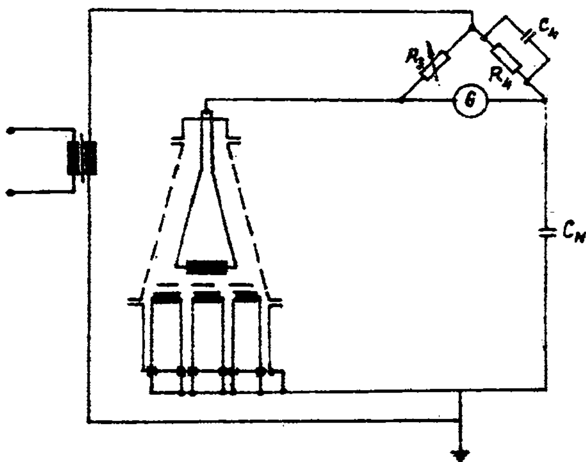


Fig.3.3.3. Măsurarea tg δ la transformatorul de curent CESU - 110 kV, în schema răsturnată a punţii.

- imposibilitatea ecranărilor corecte ale bornelor de înaltă tensiune ale obiectului verificat. În cazul transformatoarelor de măsură, cele mai puternice influențe se constată în zona capului trafo situat, de obicei, la distanța cea mai mică față de borne sau circuitele vecine sub tensiune, care reprezintă sursele principale de perturbații.

Din acest motiv, utilizarea schemei inversate, în condițiile unor cîmpuri perturbatoare puternice, poate conduce la apariția unor unghiuri negative de pierderi sau chiar la imposibilitatea măsurării lor, cu toate măsurile propuse, aceleaşi ca la o schemă normală (schimbarea fazei sau sensului tensiunii de alimentare, schimbarea polarității indicatorului de nul, schimbarea poziției punții etc.), fiind necesară întreruperea circuitelor vecine care produc perturbații.

Trebuie menționat că, pe lîngă aceste dezavantaje, schema inversată prezintă şi un oarecare risc în manipulare, brațele R_3 şi C_4 ale punții, care sînt manipulate pentru obținerea echilibrului punții, ca şi cordoanele de legătură la C_X şi C_N fiind sub înaltă tensiune.

Din acest motiv, multe firme au adoptat, pentru realizarea punților de teren, schema punții cu diagonale, pusă la pămînt.

Această schemă permite măsurarea tg δ la obiecte avînd un electrod pus la pămînt, însă necesită:

- o dublă ecranare a întregii scheme (inclusiv transformatorul de alimentare şi conductorul de înaltă tensiune);
- compensarea obligatorie a capacității parazite.

În afară de conexiunea uzuală a transformatorului CESU-110 kV prezentată în fig. 3.3.3. şi care permite o determinare globală a tg δ , unii autori propun o determinare a acestui indice de izolație în conexiunile:

- î.t. - j.t. (cuva pusă la pămînt),
- î.t. - cuvă (secundarele puse la pămînt), în primul caz ponderea avînd-o izolația de hîrtie impregnată iar în al doilea caz, uleiul din transformator. Aceasta ar permite o analiză mai corectă a stării izolației transformatorului verificat, însă cu o manoperă suplimentară.

b) <u>Scheme pentru măsurarea transformatoarelor de curent CESU - 220 kV</u>

Spre deosebire de transformatorul CESU-110 kV, transformatorul CESU - 220 kV are întreaga izolație

principală plasată pe înfășurarea primară. Pentru uniformizarea cîmpului în dielectric, peste izolația înfășurării primare este plasat un ecran conectat la borna "tg δ " din cutia de borne secundare. Prin intermediul acestei borne, ecranul este pus la pămînt prin execuția unei legături între borna "tg δ " și borna " ⏚" din cutia de borne.

Datorită acestei borne speciale pentru măsurarea tg δ , este posibilă verificarea izolației înfășurării de înaltă tensiune separat, în conexiunea:

î.t. ecran (j.t. + cuva + pămînt).

Măsurarea este posibilă în schema normală a punții (fig.3.3.1.), ceea ce reduce mult erorile datorate influențelor electrostatice și electromagnetice, la măsurătorile efectuate în instalațiile energetice.

În aceeași conexiune sînt executate și măsurătorile în fabrică.

c) Scheme pentru măsurarea transformatoarelor de curent CESU - 4oo kV

Singura conexiune posibilă, pentru transformatoarele CESU - 4oo kV, la măsurarea tg δ este:

î.t. - cuvă + ecran + j.t.,

întrucît transformatorul de 4oo kV cu izolația proncipală divizată între primar și secundar are înfășurările secundare montate în interiorul unui ecran toroidal de aluminiu, legat la cuva (soclul) transformatorului.

Pentru măsurarea în fabrică se utilizează aceeași schemă normală a punții, prin izolarea transformatorului verificat față de pămînt.

Pentru transformatoarele montate în instalații, schema utilizată în momentul de față este răsturnată, cu mențiunea că, în condițiile de influențe puternice, atît electrostatice, cît și electromagnetice, existente în stațiile de foarte înaltă tensiune, măsurarea nu este totdeauna posibilă.

3.3.3. Condițiile în care se execută măsurarea

Condițiile în care se execută măsurarea tg δ la transformatoarele de măsură sînt date în normativul PE 116/8o.

Față de acesta, trebuie făcute în plus următoarele precizări:

a) măsurarea se execută numai după ce toate legăturile exterioare la transformatorul ce urmează a fi verificat atît pe partea primară, cît și pe cea secundară, au fost îndepărtate;

b) măsurarea se execută numai pe timp frumos și uscat (temperatura ambiantă mai mare de 10°C și umiditatea sub 80 %), în caz contrar, rezultatele putînd fi eronate datorită umezirii bornelor secundare sau carcasei de porțelan.

În timpul probei este necesar ca temperatura uleiului din transformator să fie cuprinsă între 10 și 30°C, valori limită prevăzute în normativ. Măsurarea exactă a temperaturii uleiului nu este necesară, ea putînd fi apreciată în funcție de următorii factori:

- temperatura ambiantă;
- timpul scurs de la deconectarea celulei pînă la execuția probei;
- sarcina înainte de deconectare.

Nu se pot executa măsurători pe timp de burniță, ceață, rouă, brumă etc.;

c) înainte de începerea măsurătorii, se curăță suprafața carcasei de porțelan, de preferință cu alcool, și se șterg bornele de joasă tensiune, pînă la uscarea lor completă;

d) în mod normal, măsurarea tg δ trebuie făcută la tensiunea nominală a transformatorului, aceasta fiind, de obicei, tensiunea la care se fac determinările și în fabrică.

În lipsa unor condensatoare etalon transportabile, pentru această tensiune măsurarea în exploatare se va face la tensiunea de 10 kV, pentru transformatoarele de măsură de 110 kV.

La atelierele de transformatoare, care pot fi dotate cu condensatoare etalon de înaltă tensiune, este necesar ca măsurarea să se execute la 10 kV și la tensiunea nominală a obiectului încercat;

e) toate obiectele sau aparatele aflate în apropierea transformatorului ce urmează a fi verificat, inclusiv transformatoarele de măsură de pe fazele vecine sau cordoanele de legătură deconectate, se pun la pămînt.

3.3.4. Execuţia măsurării

a) Măsurarea factorului de pierderi dielectrice la transformatorul CESU - 11o kV

Măsurarea tg δ cu puntea MD-16

Pentru măsurare se utilizează puntea MD-16 şi condensatorul etalon de 5o pF-1o kV.

Conexiunea transformatorului în timpul măsurării este:

î.t. - sec. + soclul la pămînt, iar montajul punţi se face în schema răsturnată (fig. 3.3.4.).

Fig.3.3.4. Măsurarea tg δ la transformatoarele de curent CESU - 11o kV, cu puntea MD-16, în schema răsturnată.

Instalaţia punţii se va face cît mai departe de circuitele vecine rămase sub înaltă tensiune şi se vor suspenda firele C_N şi C_X, izolîndu-le faţă de obiectele puse la pămînt, cu ajutorul unor suporturi izolante sau prin întinderea lor cu benzi izolante de polietilenă.

Avînd în vedere tensiunea destul de scăzută pentru măsură (1o kV), trebuie să se dea o atenţie deosebită sensibilităţii galvanometrului de vibraţie, care trebuie verificat şi pus la pămînt inaintea fiecărei campanii de măsurători.

Se alimentează schema de joasă tensiune (fază-nul). Se echilibrează puntea şi se constată influenţa schimbării polarităţii la galvanometrul de vibraţie, notîndu-se ambele valori ale tg δ.

Se schimbă sensul curentului de alimentare de joasă tensiune (nul-fază), reechilibrîndu-se puntea şi verificînd din nou influenţa schimbării polarităţii la galvanometru.

Valoarea reală a tg δ este dată de media aritmetică a celor patru citiri, aşa cum se indică şi în prospectul punţii.

În caz că nu se obţine echilibrarea perfectă a punţii, valorile determinate pentru R_3 şi tg δ sînt foarte diferite sau pentru unul din sensurile curentului de alimentare se obţin unghiuri negative (-tg δ), se schimbă faza tensiunii de alimentare, executînd, şi în acest caz, o a doua măsurare, prin inversarea fazei cu nulul reţelei.

Dacă toate aceste măsuri se dovedesc insuficiente, se mută poziţia şi orientarea punţii şi a cordoanelor de legătură C_X şi C_N.

Numai după epuizarea acestei metode de eliminare a influenţelor, în cazul în care între părţile sub tensiune şi transformatorul încercat sînt distanţe mai mici de 6 - 8 m, se trece la una din următoarele măsuri:

- deconectarea circuitului vecin perturbator;
- demontarea transformatorului şi montarea lui într-o altă zonă a staţiei, ferită de influenţe perturbatoare.

Măsurarea cu puntea R-595

Pentru măsurare se utilizează puntea R-595 şi condensatorul etalon de 5o pF-lo kV montate în schema răsturnată (fig.3.3.5.), utilizînd aceeaşi conexiune a transformatorului verificat ca mai sus.

Se fixează comutatorul B pe primul domeniu (3.10^{-3} ... 6.10^{-3}) μF.

Atît montajul punţii, cît şi măsurile pentru evitarea influenţelor exterioare sînt aceleaşi ca în cazul utilizării punţii MD-16.

Ca şi în cazul de mai sus, valoarea tg δ reale este dată ca media aritmetică a celor patru determinări.

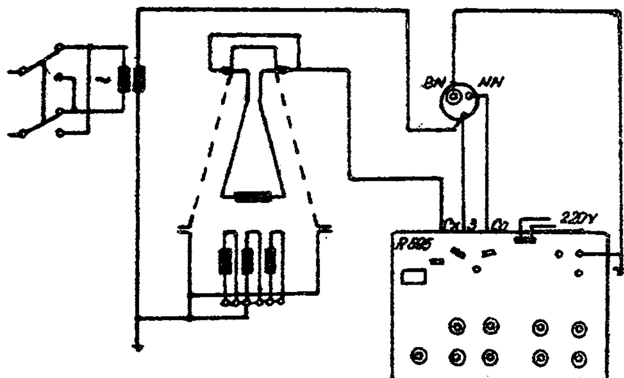


Fig.3.3.5. Măsurarea tg δ la transformatoarele de curent CESU - 11o kV, cu puntea R-595, în schema răsturnată.

b) <u>Măsurarea factorului de pierderi dielectrice la transformatoarele CESU - 22o kV</u>

În lipsa unor punţi cu dublă ecranare a întregii scheme, măsurarea se poate efectua şi cu punţile de teren existente (MD-16 şi R-595) în schema normală.

În fig. 3.3.6.a este dată schema de măsură a transformatorului CESU-22o kV, utilizînd puntea MD-16

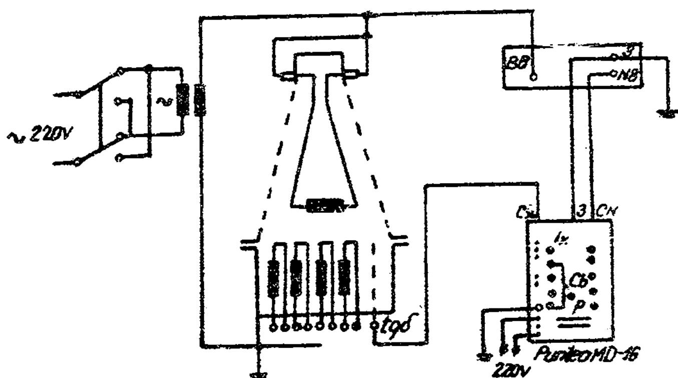


Fig.3.3.6.a. Măsurarea tg δ la transformatoarele de curent CESU-22o kV cu puntea MD-16, în schema normală.

şi în fig. 3.3.6. b., schema de măsură utilizînd puntea R-595. Înainte de execuţia măsurării, este necesar să se demonteze legătura dintre borna tg δ şi ⏚ .
La terminarea măsurării, se va reface legătura dintre borna tg δ şi ⏚ , verificînd strîngerea contactelor . În caz contrar, ecranul rămînînd nepotenţializat, este posibilă deteriorarea transfomatorului în exploatare.

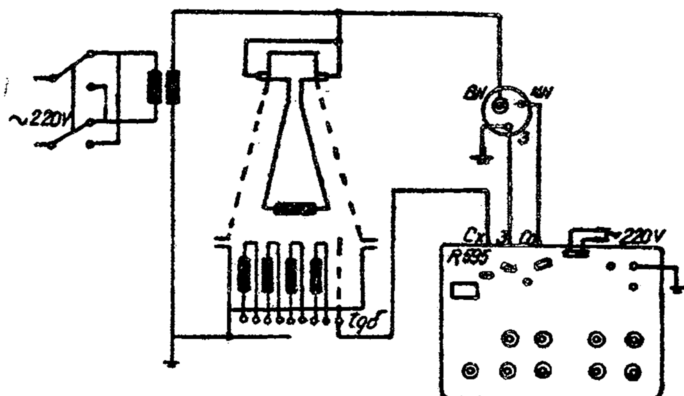


Fig.3.3.6.b. Măsurarea tg δ la transformatoarele de curent CESU-22o kV cu puntea R-595, în schema normală.

c) <u>Măsurarea factorului de pierderi dielectrice la transformatoarele CESU - 4oo kV</u>

Pînă la procurarea unor punţi cu dublă ecranare a întregii scheme, care să funcţioneze în schema cu diagonală la pămînt, măsurarea se poate face şi cu punţile de teren existente (MD-16 şi R-595), în schema inversată, utilizînd aceeaşi conexiune a transformatorului verificat ca la transformatorul CESU - 11o kV şi luînd aceleaşi măsuri de reducere a influenţelor perturbatoare. Cum influenţele electrostatice şi electromagnetice sînt mult mai puternice în aceste staţii acestora adăugîndu-se şi unele perturbaţii de înaltă frecvenţă datorită apariţiei efectului corona pe conductoare şi echipament, pentru o măsurare a tg δ cu o eroare acceptabilă, sînt necesare distanţe mult mai mari (de ordinul 15-2o m) între părţile sub tensiu-

ne ale instalației și obiectul încercat. În cazul în care nici aceste distanțe nu asigură condiții pentru execuția măsurării, este necesară întreruperea totală sau parțială a stației.

3.3.5. măsuri suplimentare de protecție a muncii

Pentru execuția probei se vor respecta condițiile prevăzute în "Normele de protecție a muncii pentru instalațiile electrice" și condițiile specifice suplimentare pentru verificări cu înaltă tensiune, prevăzute la pct. 2.4. și 3.5. din prezentele instrucțiuni.

3.4. Încercarea izolației înfășurărilor secundare ale transformatoarelor de curent cu tensiune alternativă mărită

3.4.1. Scopul probei

Încercarea izolației secundare a transformatoarelor de curent se execută cu scopul de a se determina integritatea izolației înfășurărilor secundare față de părțile legate la pămînt ale transformatorului sau față de alte înfășurări secundare.

Această probă pune în evidență slăbirea, ca urmare a îmbătrînirii sau degradării sub acțiunea condițiilor de mediu (umeziri, depuneri de praf), a izolației înfășurărilor secundare față de masă sau față de alte înfășurări secundare.

Încercarea este normalizată prin STAS 4324-78, "Transformatoare de curent - Condiții generale", punctul 2.3.10., prin PE 116/1980, "Normativ de încercări și măsurători la echipamentele și instalațiile energetice", cap.8, pct. 8.4.

3.4.2. Aparatura necesară schemei de încercare și modul de execuție a încercării

Încercarea poate fi efectuată atît cu aparatură specială destinată acestui scop, cît și cu ajutorul unui montaj realizat din piese separate.

Din aparatura specializată pentru astfel de încercări fac parte:

- Trusa de tensiune 2 kV - ICEMENERG;
- Laboratorul mobil LM3 - ICEMENERG,

Schema de încercare și modul de execuție a măsurătorilor utilizînd trusa de 2 kV sînt prezentate în fig. 3.4.1.

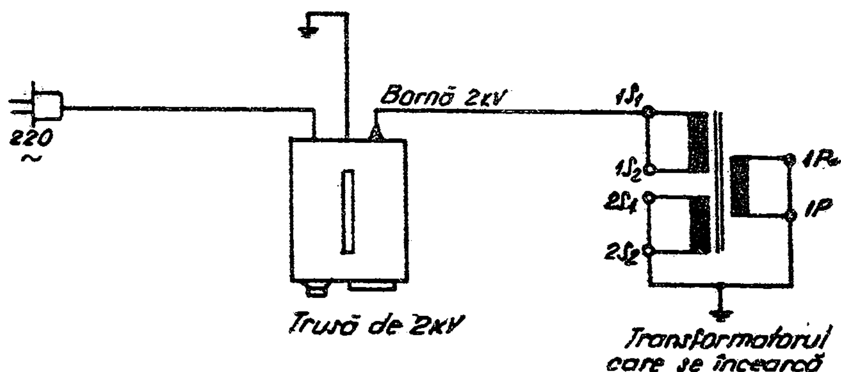


Fig.3.4.1. Schema de încercare cu tensiune mărită a înfăşurărilor secundare la transformatoarele de curent, utilizînd trusa de 2 kV.

În vederea încercării, se desfac legăturile la transformatorul ce urmează să fie încercat, atît pe partea primară, cît şi pe partea secundară.

Înfăşurarea ce urmează să fie încercată se scurtcircuitează şi se leagă la borna de 2 kV a trusei.

Înfăşurările celelalte, inclusiv înfăşurarea primară, se scurtcircuitează şi se leagă la pămînt.

Se verifică încă o dată montajul şi se îndepărtează personalul din apropierea legăturii de înaltă tensiune, se îndepărtează la o distanţă de circa 15 cm de părţile sub înaltă tensiune toate piesele metalice legate la pămînt.

Se verifică poziţia de zero a butonului de creştere a tensiunii.

Se alimentează trusa de 2 kV de la reţea şi se creşte lent tensiunea, pînă la valoarea progresivă a tensiunii de încercare.

După scurgerea timpului de încercare, se coboară lent tensiunea şi se deconectează trusa de la reţea.

Se descarcă înfăşurarea încercată cu o ştangă legată la pămînt, după care se desface montajul, refăcîndu-se schema iniţială de funcţionare a transformatorului de curent.

Schema de încercare și modul de execuție a probei, în cazul utilizării laboratorului mobil LM3

În vederea execuției probei, se efectuează pe panoul de comandă și în interiorul compartimentului de înaltă tensiune următoarele manevre și legături:

- Se trece comutatorul de alegere CA pe poziția ARDERE Ujt.
- Se trece comutatorul de ÎNCERCARE MT pe poziția, 2 kV.
- Se montează izolatorul de trecere în geamul laboratorului mobil.
- Se realizează legătura dintre borna de ieșire a panoului cu conexiuni, borna superioară a separatorului de punere la pămînt și borna interioară a izolatorului de trece.
- În exterior se realizează legătura dintre izolatorul de trecere și înfășurarea transformatorului care se încearcă,

Aceasta va avea bornele scurtcircuitate.

- Se scurtcircuitează bornele celorlalte înfășurări ale transformatorului și se leagă la pămînt.
- Se verifică încă o dată montajul realizat.
- Se îngrădește transformatorul care se încearcă. Îngrădirea va cuprinde peretele autolaboratorului, inclusiv ușa de acces în compartimentul de înaltă tensiune.
- Se evacuează personalul din zona îngrădită și se alimentează autotransformatorul de la rețea.
- Se alimentează pupitrul de comandă al laboratorului, prin intermediul cheii de pe panoul frontal al pupitrului.
- Se deschide separatorul de punere la pămînt.
- Se crește tensiunea pînă la valoarea prescrisă și se așteaptă scurgerea timpului normat pentru încercare (PE 116/8o, pct.8.4.)
- Se coboară lent tensiunea, se scoate pupitrul de sub tensiune și se închide separatorul de punere la pămînt.
- Se deconectează alimentarea autolaboratorului și se desface îngrădirea și legătura la borna izolatorului de trecere.
- Se trece, după caz, la schimbarea înfășurării sau a transformatorului de încercat.

Pentru încercare, se realizează montajul din fig. 3.4.2.

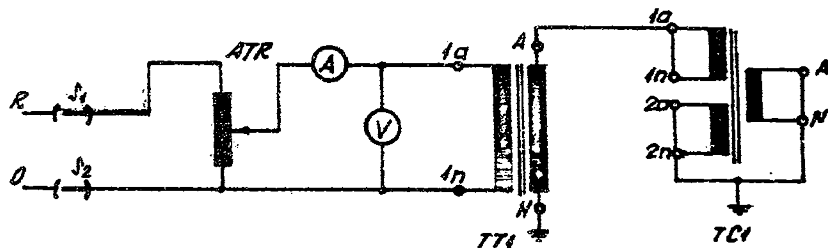


Fig.3.4.2. Schema de încercare cu tensiune mărită a înfăşurărilor secundare la transformatoarele de curent utilizînd montajul din piese separate: S_1, S_2 - siguranţele fuzibile automate de 6 A - 22o V; ATR - autotransformatorul reglabil de 8 A; A - ampermetrul de c.a.,5 A sau aparatul universal; V - voltmetrul de o-22o V sau aparatul de măsură universal; TT1- transformatorul ridicător, transformatorul de tensiune, TAD-2 etc., capabil să debiteze la 2 kV cel puţin o,5 A; TT2 - transformatorul de tensiune încercat.

La realizarea montajului se va avea în vedere ca distanţele dintre partea de alimentare (transformatorul ridicător TT1) şi transformatorul încercat TT2 să fie de 1,5 - 2 m.

În vederea executării probei se efectuează următoarele operaţii:

- se verifică încă o dată montajul realizat, conform figurii 4.4.2. în special legăturile la pămînt;
- se îngrădeşte zona în care sînt amplasate transformatoarele TT1 şi TT2;
- se verifică poziţia de zero a autotransformatorului reglabil;
- se alimentează montajul de la reţea şi se opreşte tensiunea pînă la valoarea indicată în PE 116/8o, pct. 8.4.;
- după scurgerea timpului de încercare, se coboară lent tensiunea şi se deconectează montajul de la reţea.

3.4.3. Interpretarea rezultatelor probelor

În timpul probei nu trebuie să apară străpungeri sau conturnări exterioare sau interioare.

Transformatoarele la care nu apar fenomenele de mai sus se consideră corespunzătoare şi pot rămîne în instalaţie.

Transformatoarele la care apar fenomenele de mai sus vor fi declarate necorespunzătoare, urmînd să fie înlocuite.

3.4.4. Măsuri specifice N.T.S.

La executarea lucrărilor de încercare se vor respecta prevederile cuprinse în "Norme de protecţie a muncii pentru instalaţii electrice", aprobate cu ordinul M.E.E., nr.335/1968.

În afară de cele de mai sus, se vor respecta următoarele: după efectuarea încercării şi scoaterea instalaţiei de încercare de sub tensiune, pe borna de înaltă tensiune a acesteia se va amplasa o ştangă mobilă legată la pămînt. Numai după aceasta se va putea trece la desfacerea legăturilor dintre borna de înaltă tensiune a instalaţiei de încercare şi bornele înfăşurării încercate.

NOTĂ.

Schemele de încercare prezentate mai sus şi normele de protecţie a muncii indicate sînt aplicabile atît la transformatoare de măsură inductive, cît şi la transformatoare de măsură capacitive.

3.5. Încercarea izolaţiei înfăşurărilor primare cu tensiune alternativă mărită

3.5.1. Scopul probei

Încercarea izolaţie înfăşurărilor de înaltă tensiune cu tensiune alternativă mărită aplicată se execută cu scopul de a se evidenţia eventualele defecte concentrate apărute între înfăşurarea primară şi părţile puse la pămînt ale transformatorului, la transport, montaj sau în exploatare.

Încercarea izolaţiei dintre secţiunile înfăşurării primare se efectuează cu scopul de a se determina în ansamblu calitatea acesteia. Această încercare nu pune în evidenţă defecte concentrate ale izolaţiei între secţiunile înfăşurării primare, ci numai starea generală a izolaţiei dintre acestea.

Încercarea izolației înfășurării de înaltă tensiune față de pămînt și a izolației dintre spire este normată prin STAS - 4324 - 70 "Transformatoare de curent. Condiții generale", pct.2.3.1. și 2.3.4. și prin PE 116/80, "Normativ de încercări și măsurători la echipamentele și instalațiile electrice", cap.8, pct.8.5.

3.5.2. Aparatura necesară. Scheme de încercare

Avînd în vedere tensiunile de încercare impuse prin normativul PE 116/80, înfășurarea primară a transformatoarelor de curent poate fi încercată în condiții de exploatare la locul de montaj numai pentru transformatoarele cu tensiuni pînă la 35 kV inclusiv.

Peste această tensiune, înfășurarea primară a transformatoarelor de curent poate fi încercată numai în cadrul atelierelor de reparații trafo.

3.5.2.1. Aparatura de încercare a înfășurărilor primare a transformatoarelor de curent de 6 - 35 kV

Pentru încercarea izolației principale a înfășurării primare a transformatoarelor de curent de 6 - 35 kV se folosește laboratorul mobil LM3 ICEMENERG.

Pentru încercarea izolației dintre spirele înfășurării primare a transformatoarelor de curent se folosește megohmmetrul cu inductor de 2500 V sau teraohmmetrul.

Ca aparate se pot utiliza un megohmmetru cu inductor, de fabricație U.R.S.S., sau un teraohmmetru Ganz (R.P.U.), tip XS1.

3.5.2.2. Aparatura de încercare a înfășurărilor primare ale transformatoarelor de curent cu tensiuni de 110 - 400 kV

Pentru încercarea izolației principale a înfășurării primare a transformatoarlor de curent de 110-400 kV se folosesc instalații fixe capabile să asigure tensiunea de încercare recomandată în PE 116/80, cap. 8, pct.8.5., prevăzute cu dispozitive de reglaj al tensiunii cu protecții și dispozitive de măsură a tensiunii debitate.

Pentru încercarea izolației dintre spirele înfășurării primare, se utilizează megohmmetrul cu inductor sau teraohmmetrul de același tip, cu cele menționate la pct. 3.5.2.1.

3.5.3. Scheme de încercare

3.5.3.1. Schema de încercare pentru transformatoarele de curent de 6 -35 kV, utilizînd laboratorul mobil LM3, este prezentată în fig.1.

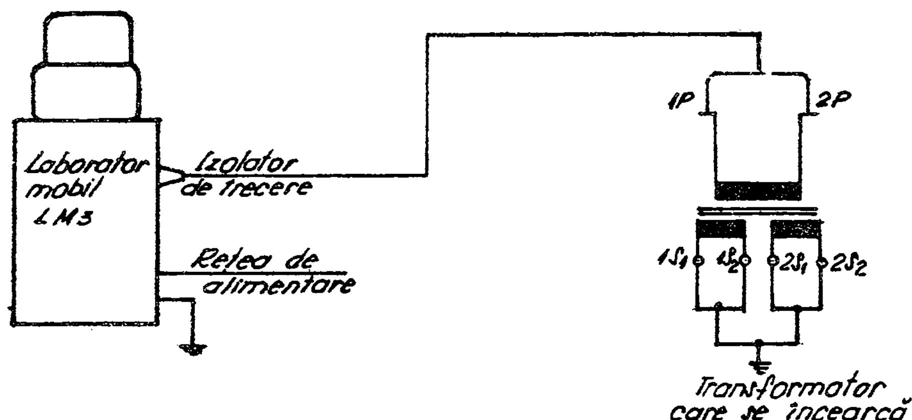


Fig.1. Schema de încercare cu tensiune mărită a izolației înfășurărilor primare la transformatoarele de curent, utilizînd laboratorul LM3.

Pentru realizarea schemei de încercare, în afară de legăturile arătate în fig.1, în interiorul laboratorului mobil se mai execută legătura dintre transformatorul de 70 kV, borna superioară a separatorului de punere la pămînt și borna interioară a izolatorului de trecere din geamul lateral al autolaboratorului.

Pe pupitrul de comandă al autolaboratorului se așază comutatorul de alegere CA pe poziția ÎNCERCARE UIT.

Pentru încercarea izolației dintre secțiunile înfășurării primare, după desfacerea legăturilor dintre secțiunile înfășurării primare, se execută următorul montaj (fig.2):

Cînd se utilizează megohmmetrul cu inductor, conductoarele cu care se încearcă se legaă la bornele LINIA și PĂMÎNT, borna ECRAN rămînînd liberă.

Cînd se utilizează teraohmmetrul, conductoarele cu care se încearcă se leagă la bornele plus și minus, borna ECRAN rămînînd liberă.

3.5.3.2. Schema de încercare pentru transformatoarele de curent cu tensiuni nominale de 110 - 400 kV este similară cu cea prezentată în fig.1, cu singura deosebire că, în locul autolaboratorului mobil LM3, apare

sursa de înaltă tensiune fixă a atelierului sau laboratorului în care se efectuează încercarea.

Schema de verificare a izolației dintre secțiunile înfășurării primare pentru transformatoarele de 110 - 400 kV este identică cu cea prezentată în fig.2.

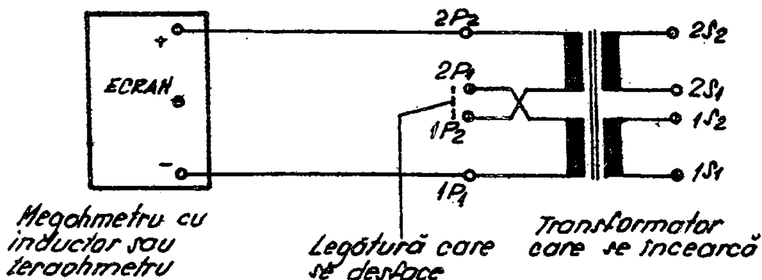


Fig.2. Schema de măsurare a rezistenței de izolație dintre secțiunile înfășurării primare la transformatoarele de curent.

3.5.4. Modul de lucru

3.5.4.1. Pentru încercarea transformatoarelor de curent cu tensiuni nominale de 6 - 35 kV, după executarea montajului prezentat în fig.1. și la pct.3.5.3.1., se execută următoarele:

- se îngrădește spațiul din jurul transformatorului care se încearcă;
- se evacuează personalul din zona îngrădită;
- se verifică încă o dată legăturile la pămînt;
- se alimentează laboratorul de la rețea;
- se alimentează pupitrul de comandă, prin intermediul cheii de pe pupitru;
- se deschide separatorul de punere la pămînt;
- se apasă butonul de încercare la înaltă tensiune (IT);
- se crește tensiunea pînă la atingerea valorii de încercare prescrisă;
- se așteaptă scurgerea timpului de încercare normat, după care se deconectează pupitrul și se scoate alimentarea laboratorului mobil de la rețea;
- se desfac legăturile de la laboratorul mobil la obiectul de încercat.

Pentru încercarea izolației dintre spirele primare ale transformatoarelor de curent se execută următoarele operații:

- se verifică încă o dată corectitudinea legăturilor;
- se îndepărtează personalul de bornele primare ale transformatorului și de cordoanele de legătură dintre acestea și inductor;
- se rotește inductorul cu 16 - 2o rotații pe minut și se citesc indicațiile acestuia, după ce acul instrumentului s-a stabilizat;
- după terminarea citirii și oprirea inductorului, secțiunile de înfășurare încercate se descarcă.

3.5.4.2. Încercarea transformatoarelor de curent cu tensiuni nominale de 11o - 4oo kV se efectuează, în general, după aceeași schemă de manevre ca cea menționată la pct. 3.1.

Se va avea o grijă deosebită ca la terminarea încercării tensiunea să se coboare lin. Nu este permisă deconectarea bruscă.

Încercarea izolației între spire la aceste transformatoare se execută întocmai ca pentru cele cu tensiuni de 6 - 35 kV.

3.5.5. <u>Interpretarea rezultatelor</u>

Se consideră corespunzător transformatorul de curent care în cursul încercărilor nu prezintă conturnări sau străpungeri sau la care în timpul încercării nu se aud zgomote din interiorul cuvei.

3.5.6. <u>Măsuri N.T.S. și P.S.I.</u>

3.5.6.1. <u>Măsuri N.T.S.</u>

La executarea probelor de încercare se vor respecta prevederile cuprinse în cap. 6,15 și 16 din "Norme de protecție a muncii pentru instalațiile electrice", aprobate cu ordinul M.E.E., nr. 355/1968.

În afară de cele de mai sus, se va avea grijă ca, după încercarea cu tensiune mărită, transformatorul de încercat să se descarce la pămînt cu ajutorul unei ștăngi.

După încercarea izolației între secțiunile înfășurării primare cu inductorul de 25oo V, acestea vor fi descărcate la pămînt.

3.5.6.2. <u>Măsuri P.S.I.</u>

La încercarea transformatoarelor de curent a căror izolație este realizată din hîrtie de ulei, înainte de probă se vor șterge petele de ulei de pe exteriorul carcasei.

De asemenea, în zona de lucru se va aduce un număr de stingătoare cu praf şi CO_2, corespunzător volumului de ulei conţinut în transformator.

3.6. Măsurarea rezistenţei ohmice a înfăşurărilor transformatoarelor de curent

3.6.1. Scopul probei

Această probă se efectuează obligatoriu la punerea în funcţiune, după repararea înfăşurărilor şi, facultativ, la anumite intervale de timp.

Prin măsurarea rezistenţei ohmice se verifică rezistenţa de contact a înfăşurărilor la borne, continuitatea înfăşurărilor, lipsa unor scurtcircuite între spire.

3.6.2. Metode utilizate. Scheme de încercare

Măsurarea rezistenţei ohmice se poate executa prin mai multe metode. În aceste instrucţiuni se recomadă utilizarea a două metode:
- metoda punţii;
- metoda voltmetru-ampermetru;

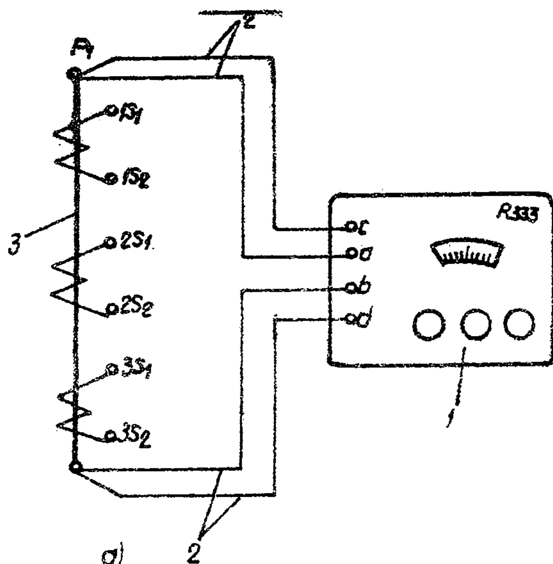
3.6.2.1. Măsurarea rezistenţei ohmice a înfăşurărilor primare la transformatoarele de curent de 6-4oo kV şi a înfăşurărilor secundare avînd curent nominal de 5 A (transformatoare de curent de 6 - 11o kV, rezistenţe ohmice mici).

a) Metoda punţii duble (Thomson)

Schema de măsurare este dată în fig. 3.6.1 a şi b.

Puntea dublă. Schema de principiu a unei astfel de punţi este dată în fig. 3.6.2.

Modul de manevrare al punţii duble constă în reglarea raportului rezistenţelor r_1/r_2 şi r_1'/r_2', menţinînd calităţile $r_1 = r_1'$ şi $r_2 = r_2'$. Fiecare din aceste rezistenţe trebuie să fie de cel puţin 1o ohmi; se reglează cursorul g în poziţia pentru care rezistenţa r este egală cu valoarea presupusă a rezistenţei r_x care se verifică; se închide întreruptorul K şi se reglează curentul din circuitul bateriei, cu ajutorul reostatului R; se apasă butonul B şi se reglează cursorul g, pînă se aduce acul galvanometrului în poziţia de zero.



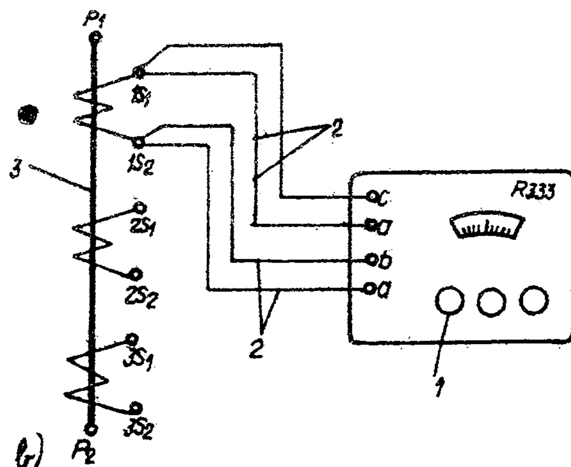


Fig.3.6.1. Măsurarea rezistenţei ohmice cu puntea de teren de tip R-333 (U.R.S.S.): 1 - puntea tip R-333; 2 - cordoanele de măsură; 3 - transformatorul de verificat.

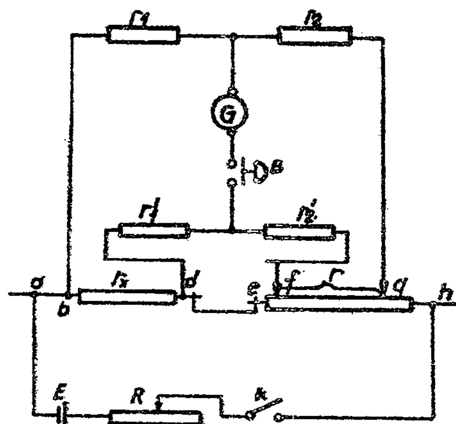


Fig.3.6.2. Schema de principiu a punţii duble: r_1, r_2, r_1', r_2' - rezistenţele de precizie; r_x - rezistenţa de verificat; G - galvanometrul cu ac indicator; B - butonul cu reţinere; R - reostatul; K - întreruptorul; E - bateria de curent continuu.

Valoarea rezistenţei măsurate este dată de relaţia:

$$r_x = r \frac{r_1}{r_2} \quad , ..$$

valoare ce se poate citi direct pe punte.

Deoarece rezistenţele de contact din punctele a, d, e, h se află dincolo de limitele rezistenţelor r_x şi r, este înlăturată influenţa pe care ar putea-o avea rezistenţele de contact asupra valorii măsurate.

De asemenea, nu intervin erorile datorită cordoanelor de legătură, deoarece sînt înseriate cu rezistenţe a căror valoare este de cel puţin 10 ohmi.

Cordoanele de legătură avînd o secţiune de minimum 6 mm^2, sînt prevăzute la capete cu papuci şi sînt conectate cîte două la fiecare bornă a înfăşurării verificate.

Transformatorul verificat este separat de circuitele primare şi secundare ale instalaţiilor.

b) Metoda voltmetrului şi a ampermetrului
Montajul amonte

Schema de măsură este dată în fig. 3.6.3.

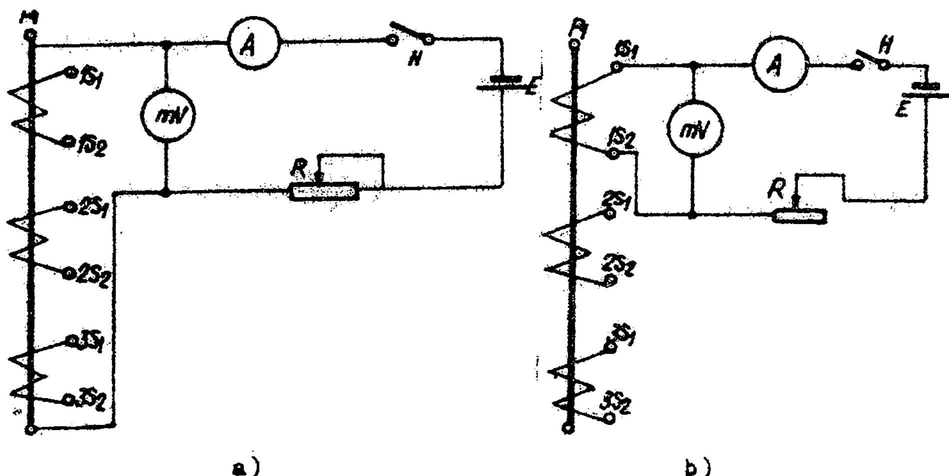


Fig.3.6.3. Măsurarea rezistenţelor ohmice ale înfăşurării primare (a) şi ale unei înfăşurări secundare (b) prin metoda voltmetru-ampermetru: mV - milivoltmetrul de curent continuu; A - ampermetrul de curent continuu; R - reostatul de reglaj; E - bateria de acumulatoare;H - heblul .

În schema de măsurare din fig. 3.6.3.:

mV este milivoltmetrul de curent continuu de clasă o,5 ÷ 1, avînd rezistenţa internă mare,cu domeniul de măsură:

O .... 12 mV

O .... 6 mV

O .... 1,2 mV

mA - ampermetrul de curent continuu de clasă o,5, cu domeniul de măsură de O... 5A;

R - reostatul de reglaj de loo ohmi, 5 A.

E - bateria de acumulatoare de 12 V, 4o Ah;

H - heblul bipolar.

Rezistența măsurată se calculează cu expresia:

$$R = \frac{U}{I - \frac{U}{R_v}},$$

unde:

V - tensiunea măsurată la bornele transformatorului;
I - curentul măsurat de ampermetru;
R_v - rezistența internă a milivoltmetrului.

3.6.3. <u>Măsurarea rezistenței ohmice a înfășurărilor secundare ale transformatoarelor de curent avînd curentul nominal de 1 A (transformatoare de curent CESU$_k$ - 22o - 4oo kV)</u>

a) <u>Metoda punții simple</u> (Wheatstone)

Schema de verificarea este dată în fig. 3.6.4.

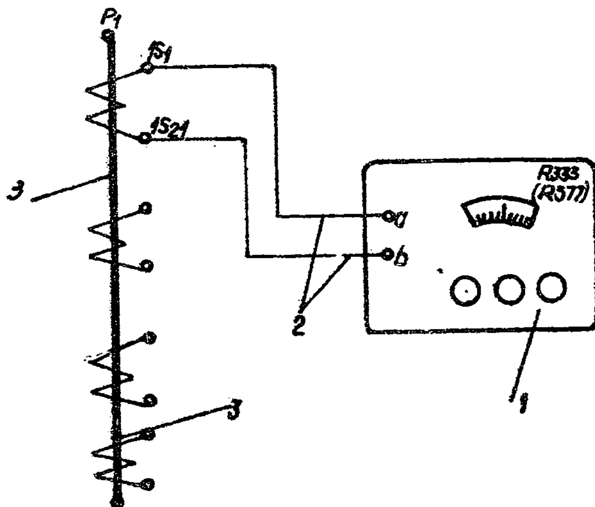


Fig. 3.6.4. Măsurarea rezistenței ohmice a înfășurărilor secundare ale transformatoarelor de curent avînd curentul nominal de 1 A (transformatorul de curent CESU$_k$ -22o - 4oo kV): 1 - puntea simplă de teren Wheatstone, de tip R-333(U.R.S.S.); 2 - cordoanele de legătură etalonate; 3 - transformatorul verificat.

Puntea simplă Wheatstone

Schema acestei punți este reprezentată în fig.3.6.5.

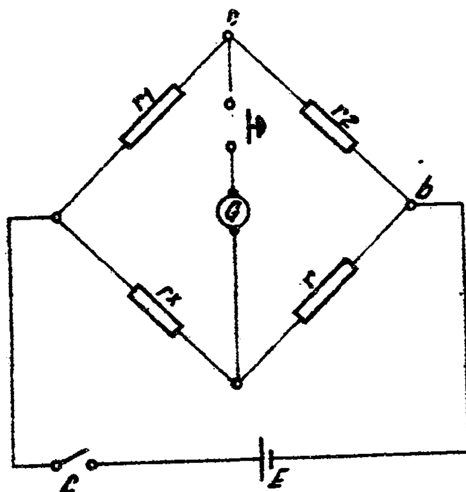


Fig.3.6.5. Schema de principiu a punții simple (Wheatstone, de teren): r_1, r, r_2 - rezistențele din brațele punții; G - galvanometrul cu ac indicator; B - butonul de conectare a galvanometrului; E - bateria de curent continuu; C - întreruptorul.

Puntea conține trei rezistențe r_1, r, r_2, rezistența ohmică care se măsoară (r_x) și galvanometrul cu ac indicator. La echilibru, valoarea rezistenței care se măsoară este dată de relația:

$$r_x = r\,\frac{r_1}{r_2},$$

valoare care se poate citi direct pe punte.

În cazul acestei punți, în valoarea măsurată sînt incluse rezistențele firelor de legătură și rezistențele de contact ale acestor fire.

De aceea, această punte se utilizează numai la măsurarea rezistențelor ohmice mari.

Cordoanele de măsură etalonate

Cordoanele de măsură vor fi confecționate din conductor de cupru lițat și izolat, avînd secțiunea de minimum 6 mm^2 și vor fi prevăzute la capete cu papuci din cupru sau alamă. Lungimea lor nu va depăși, pe cît posibil, lungimea dictată de distanțele dintre punctele de conexiune, iar rezistența lor va fi determinată în prealabil.

Transformatorul verificat

Transformatorul ce urmează a fi verificat va fi separat de circuitele primare și secundare ale instalațiilor. Înfășurările la care nu se execută măsurarea sînt lăsate libere.

NOTĂ.

Se poate utiliza și puntea dublă, valorile măsurate fiind însă la limita domeniului inferior al punții.

b) Metoda voltmetru - ampermetru

Montajul amonte

Această metodă se aplică conform subpct. b și fig. 3.6.3. b.

3.6.5. Condițiile de execuție a probei

Măsurarea se execută numai după deconectarea tuturor legăturilor primare și secundare. În timpul măsurării unei înfășurări, celelalte înfășurări rămîn libere (deschise).

Pentru a evita erorile de măsură datorate încălzirii înfășurării măsurate, curentul din înfășurare nu va depăși 2o % din curentul nominal al acesteia, corespunzător clasei de precizie garantate.

NOTĂ.

La metoda volt-ampermetrului se vor respecta următoarele reguli:

- închiderea și deschiderea curentului se va face numai cu voltmetrul deconectat (conectarea voltmetrului se va efectua după închiderea circuitului, iar deconectarea voltmetrului se va efectua înainte de deschiderea circuitului). În acest fel se evită deteriorarea voltmetrului din cauza tensiunilor induse;

- manevrele de deschidere sau închidere ale circuitului se vor efectua după ce se fixează valoarea maximă a rezistenţei reostatului;

- după conectarea circuitului, se aşteaptă stabilizarea indicaţiilor aparatelor;

- suprafeţele de contact trebuie bine curăţate cu şmirghel (cu granulaţie fină);

- contactele se vor efectua prin strîngerea lor corespunzătoare;

- montajul se va efectua cît mai aproape posibil de locul de fixare a transformatorului de verificat.

Întrucît măsurarea se execută la joasă tensiune, iar în timpul măsurării este exclusă apariţia înaltei tensiuni din montajele prezentate, nu sînt necesare măsuri suplimentare specifice N.P.M.

3.6.6. Interpretarea rezultatelor

Transformatoarele sînt considerate corespunzătoare dacă valorile măsurate nu diferă cu mai mult de 2 % de valorile de referinţă.

Pentru efectuarea comparaţiei valorilor calculate cu valorile de referinţă, este necesar să se facă recalcularea la temperatura iniţială a valorilor măsurate.

Recalcularea rezistenţei ohmice la temperatura de referinţă se face cu formula:

$$R_o = R_m \left[1 + \alpha (t_m - t_o)\right]$$

$$\alpha_{cu} = 0,00393$$

unde:

R_m este valoarea rezistenţei măsurate la temperatura la care s-a executat măsurarea;

t_m - temperatura la care s-a executat măsurarea;

t_o - temperatura iniţială.

Dacă valoarea măsurată este extrem de mică în comparaţie cu valoarea de referinţă, înfăşurarea are spire în scurtcircuit.

3.7. Verificarea polarității înfășurărilor

3.7.1. Scopul verificării

Ca și în cazul transformatoarelor de tensiune, verificarea polarității are drept scop depistarea unor eventuale inversiuni de borne, nesesizate la livrarea transformatorului din fabrică sau după efectuarea unor reparații în atelier. Din acest motiv, ea se execută numai la PIF, după reparația sau recondiționarea transformatoarelor în atelier, cu demontarea legăturilor interioare la bornele secundare.

3.7.2. Principiul metodei, aparatura de măsură și modul de lucru

Pentru determinarea polarității bornelor transformatoarelor de curent se folosește metoda curentului continuu. Aceasta se bazează pe faptul că la o polaritate corectă a bornelor secundare, un impuls de scurtă durată, de polaritate cunoscută, injectat la bornele primare va fi transformat corect, fiind regăsit la bornele secundare cu aceeași polaritate, cu ajutorul unui miliampermetru magnetoelectric.

Pentru transformatoarele de curent cu miezuri toroidale separate pentru fiecare înfășurare, fără întrefier, cu înfășurări secundare pentru 5 A sau 1 A, schema pentru determinarea polarității bornelor este dată în fig.3.7.1.

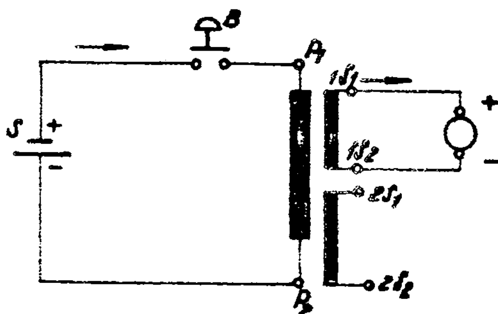


Fig.3.7.1. Schema de principiu pentru determinarea polarității bornelor transformatoarelor de curent, prin metoda curentului continuu: S - bateria de 4,5 V; B butonul de revenire tip RF-6, 6 A - 500 V; mA - miliampermetru magnetoelectric, cu amortizare mare, cu domeniul de măsură de 0-5 mA, 0-10 mA, de preferință cu zero la mijlocul scalei; TC - transformatorul de curent verificat.

În cazul lipsei miliampermetrului (mA), acesta poate fi înlocuit cu un aparat universal conectat cu miliampermetru de curent continuu, la început pe o gamă de o - 3o mA. În funcție de mărimea impulsului detectat la bornele înfășurării secundare, aparatul poate fi conectat pe o gamă mai redusă de curent.

Se apasă butonul B timp de 2 - 3 secunde și se urmărește deviația aparatului de măsură. În cazul utilizării unui aparat universal, se modifică domeniul de măsură pînă la obținerea unei deviații convenabile la aparat.

La o polaritate corectă a bornelor, acul aparatului va devia spre dreapta, pentru scurt timp. Se deconectează alimentarea circuitului primar, prin revenirea butonului B. În acest caz, acul aparatului va devia, pentru scurt timp, spre stînga, în sens contrar deviației anterioare.

În cazul unei polarități greșite a înfășurării secundare, la conectarea circuitului primar, acul aparatului indicator va devia spre stînga, iar la deconectare, deviația acestuia va fi spre dreapta.

Pentru mărirea operativității măsurării și evitarea greșelilor de montaj, se poate utiliza, pentru verificarea polarității transformatoarelor de curent, același indicator de polaritate gata montat, utilizat și pentru verificarea polarității transformatoarelor de tensiune.

Indicatorul de polaritate (care înglobează bateria de alimentare cu curent continuu, butonul cu revenire, aparatul indicator) este prevăzut suplimentar față de schema din.fig.3.7.1. cu o rezistență de circa 1oooΩ, reglabilă continuu(reostat sau potențiometru) sau în 4 - 5 trepte, pentru reglarea măririi impulsului și protejarea aparatului indicator.

În cazul transformatoarelor de curent, verificarea polarității făcîndu-se cu tensiune foarte coborîtă, nu se impun măsuri suplimentare de protecție a muncii ca în cazul transformatoarelor de tensiune.

3.8. Verificarea raportului de transformare la transformatoarele de curent

3.8.1. Scopul verificării

Verificarea raportului de transformare la transformatoarele de curent are ca scop să determine dacă în cursul transportului de la fabricant la locul de montaj în interiorul transformatorului au apărut modificări care să afecteze raportul de transformare.

De asemenea, la transformatoarele cu mai multe conexiuni primare, verificarea are ca scop să determine dacă transformatorul se află pe conexiunea corectă, cerută de schema primară la funcționare. Aceasta, deoarece eclisele de comutare ale transformatoarelor de curent, de fabricație IEPC, nu sînt accesibile decît după demontarea unor piese mecanice care necesită un volum mare de muncă (capace, burdufe).

Verificarea raportului de transformare este normată prin STAS 4324 - 7o, "Transformatoare de curent, condiții generale", pct.3.1. și prin PE 116/8o, "Normativ de încercări și măsurători la echipamente și instalații electrice".

3.8.2. <u>Aparatura necesară, scheme de montaj</u>

3.8.2.1. <u>Aparatura necesară</u>

În vederea verificării raportului de transformare, la transformatoarele de curent sînt necesare următoarele instalații și aparate:

- Laborator mobil LMC ICEMENERG;
- Trusă de curent de 2ooo A (inclusiv cordoanele și clemele proprii ale trusei);
- Ampermetre (2 buc.) electromagnetice sau electrodinamice de o - A sau de o 2,5 - 5 A, de clasă o,2 sau o,5;
- Cordoane de legătură;

Transformator de măsură toroidal, cu conexiuni multiple de 2ooo/5 A și 1ooo/5 A, clasă o,5, o,2 sau o,1.

Aparatura menționată mai sus permite verificarea raportului de transformare al transformatoarelor de curent cu un curent nominal de pînă la 16oo A, în condițiile prevăzute de STAS 4324-7o și PE 116/8o, respectiv pînă la 1,2 I_N.

3.8.2.2 <u>Schemele de montaj</u>

În vederea verificării raportului de transformare, la transformatoarele de curent se va executa montajul din fig. 3.8.2.2.

La transformatorul de curent care se încearcă, se vor scurtcircuita înfășurările care nu se verifică.

Legăturile dintre pupitrul de comandă, clemele L_1 9 și L_1 1o și transformatorul de 2000 A se vor executa cu conductor flexibil de 16 mm^2.

Legăturile dintre transformatoarele de curent și ampermetre se execută cu conductor de 2,5 mm^2, iar acestea se vor plasa la circa 2,5-3 m distanță de transformatorul trusei de 2000 A.

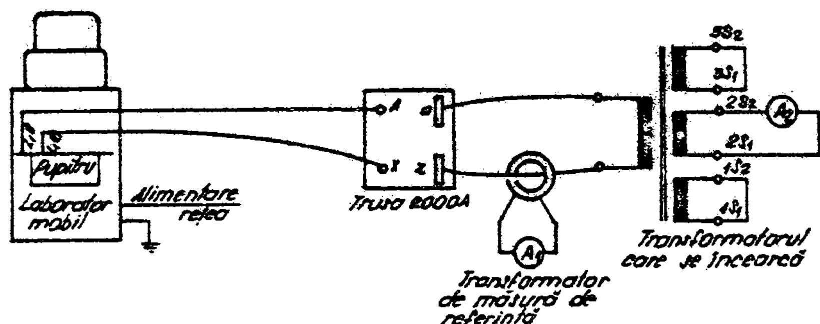


Fig.3.8.2.2. Schema de verificare a raportului de transformare la transformatoarele de curent utilizînd LM3 ca sursă şi trafo 2000 A.

3.8.3. Modul de execuţie a probei

În vederea verificării raportului de transformare la transformatoarele de curent utilizînd montajul din fig. 1, se execută următoarele manevre:

- se mai verifică încă o dată corectitudinea montajului, în special stingerea cordoanelor de mare intensitate, amplasarea ampermetrelor faţă de transformatorul de 2000 A şi şuntarea înfăşurărilor secundare care nu se verifică;
- se verifică legarea la pămînt a laboratorului mobil;
- se îndepărtează personalul din zona de lucru şi se alimetează laboratorul mobil;
- se alimentează pupitrul laboratorului, prin intermediul cheii de pe panoul frontal al pupitrului;
- se lasă închis separatorul mobil pe toată durata probei;
- se apasă butonul, tensiunea creşte şi se citeşte în direcţie celor două ampermetre în momentul în care se atinge curentul primar la care se face verificarea;
- se coboară lent tensiunea şi se deconectează alimentarea pupitrului;
- se deconectează alimentarea autolaboratorului şi se trece la desfacerea montajului de verificare.

3.8.4. Interpretarea rezultatelor

În cursul măsurătorii se înregistrează curenții celor două ampermetre, se face transformarea în curenți primari, avînd în vedere rapoartele de transformare de pe plăcuțele transformatorului care se verifică şi ale transformatorului de referință şi se compară valorile obținute între ele.

Valoarea curentului dat de transformatorul de curent toroidal se consideră ca valoare de referință. Cu aceasta se compară valoarea curentului dat de transformatorul care se verifică.

3.8.5. Măsuri speciale N.P.M. şi P.S.I.

3.8.5.1. Măsuri speciale N.P.M.

La executarea verificărilor raportului de transformare la transformatoarele de curent, se vor respecta "Normele de protecție a muncii pentru instalații electrice", aprobate cu ordinul M.E.E.,nr.335/1968.

Avînd în vedere că această încercare se execută la joasă tensiune (maximum 22o V), se vor respecta normele pentru lucru la joasă tensiune.

Se va avea o deosebită grijă să nu se deschidă sub sarcină secundarele transformatoarelor de curent şi să nu se deschidă sub sarcină calea de curent principală (curenți intenşi).

3.8.5.2. Măsuri speciale P.S.I.

La verificarea transformatoarele de curent care conțin ulei se va aduce în zona de lucru un număr de stingătoare cu praf şi CO_2,corespunzător volumului de ulei din carcasa transformatorului.

3.9. Ridicarea caracteristicilor de magnetizare la transformatoarele de curent

3.9.1. Scopul încercării

Conform normativului PE 116/8o, ridicarea caracteristicilor de magnetizare (curbele volt-amperi) la transformatoarele de curent din unitățile sectorului energetic se execută obligatoriu la punerea în funcțiune a acestora sau cu ocazia unor reparații accidentale ale înfăşurărilor, fiind facultativă în exploatare.

Execuţia şi are drept scop:

a) depistarea unor scurtcircuite, ca urmare a unor defecţiuni intervenite în timpul transportului, montajului sau în exploatare. Prezenţa unui defect de acest tip este pusă în evidenţă de modificarea alurei caracteristicii de magnetizare (fig.3.9.1.).

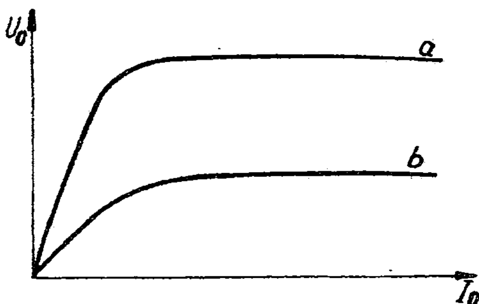


Fig.3.9.1. Alura caracteristicii de magnetizare pentru: a) transformator de curent normal; b) transformator de curent cu scurtcircuit între spirele înfăşurării secundare.

Întrucît fabrica furnizoare nu ridică aceste caracteristici la livrare, alura curbelor se compară cu curbele iniţiale sau, în cazul transformatoarelor noi, cu curbele ridicate la transformatoare de acelaşi tip;

b) depistarea unor inversiuni ale înfăşurărilor secundare la livrarea din fabrică, în cazul transformatoarelor cu mai multe înfăşurări secundare de protecţie sau de măsură (eventual inversarea prizelor, în cazul înfăşurărilor secundare la care pentru modificarea raportului de transformare se utilizează mai multe prize). Întrucît, conform STAS 4324-7o, verificarea coeficientului de saturaţie este probă de tip şi nu individuală şi ridicarea caracteristicilor de magnetizare nu s-a efectuat la livrare pînă în anul 1979, este posibil ca în timpul execuţiei să se facă inversări la legarea înfăşurărilor secundare la borne. În cazul în care erorile de raport şi unghi sînt mici, toate înfăşurările de protecţie şi măsu-

vă încadrîndu-se în clasa o,5, sînt posibile inversări ale înfăşurărilor de măsură cu cele de protecţie sau a înfăşurărilor de protecţie între ele, fără ca probele individuale prevăzute în STAS 4324/7o să poată scoate în evidenţă greşeala.

O verificare a destinaţiei fiecărui secundar este posibilă prin ridicarea caracteristicilor de magnetizare pentru toate înfăşurările secundare şi pentru toate prizele, ştiut fiind că la acelaşi curent de magnetizare înfăşurarea cu coeficientul de saturaţie cel mai ridicat va prezenta tensiunea de magnetizare cea mai ridicată (fig.3.9.2.).

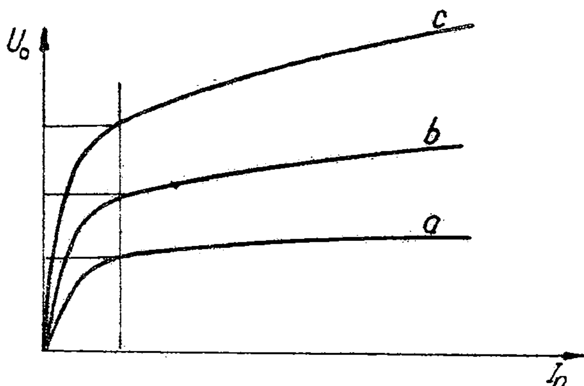


Fig.3.9.2. Caracteristicile de magnetizare pentru un transformator cu trei înfăşurări:
a - înfăşurarea de măsură, n < 1o ;
b - înfăşurarea pe protecţie, n > 1o ;
c - înfăşurarea de protecţie, n > 2o

c) alegerea unor transformatoare de curent cu caracteristici de magnetizare similare pentru realizarea unor scheme de protecţie prin relee. Cazuri tipice din acest punct de vedere sînt protecţiile care impun un curent de dezechilibru minim transversal (protecţii racordate la filtre de curent homopolar), protecţiile diferenţiale de bare etc.;

d) calculul exact al coeficientului de saturaţie al înfăşurării respective în regim stabilizat sau tranzitoriu de scurtcircuit sau recalcularea lui, în cazul reducerii sarcinii secundare. Pentru efectuarea deter-

minării coeficientului de saturaţie se poate utiliza metoda indirectă (de mers în gol), prevăzută în STAS 4324 - 7o, pct. 4.5.3. sau 4.6.2.

3.9.2. Metodologia ridicării caracteristicilor de magnetizare la transformatoarele de curent CESU-llo kV

a) Schemele de verificare şi utilajul de bază pentru ridicarea caracteristicilor de magnetizare cu curent alternativ de frecvenţă industrială sînt date în fig. 3.9.3.

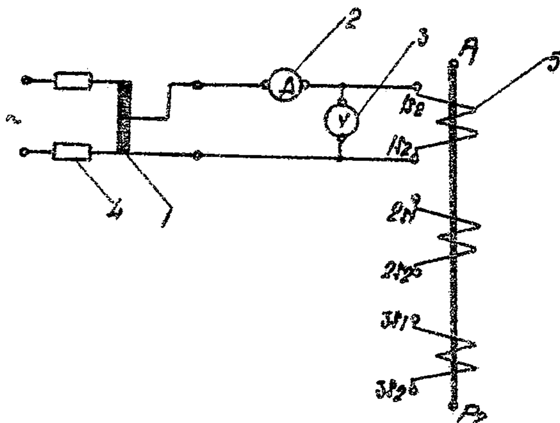


Fig.3.9.3. Schema de principiu pentru ridicarea caracteristicilor de magnetizare la transformatorul CESU-llo kV.

În această figură notaţiile reprezintă:

1 - autotransformatorul reglabil ART-8 de 22o/o .... 22o V; 8 A;
2 - ampermetrul electromagnetic de clasă o,5, cu următoarele domenii de măsură:
O .... o,5 A,
O .... 5 A.

În cazul cînd ridicarea caracteristicii de magnetizare are un caracter informativ, neservind la calcularea coeficientului de saturaţie n al înfăşurării respective, se poate utiliza şi un aparat universal, cu redresare, de clasă 1,5, cu mai multe domenii de măsură ;

3 - voltmetrul electromagnetic de clasă o,5 cu următoarele domenii de măsură:
O .... 75 V,
O ....15o V.

Aparatul va fi cu rezistență internă mare (minimum 1oo Ω/V).

În cazul în care ridicarea caracteristicii de magnetizare are un caracter informativ, neservind la calcularea coeficientului de saturație, se poate utiliza și un voltmetru de clasă 1,5 sau un aparat universal cu redresare;

4 - siguranțele fuzibile cu patron sau siguranțele automate de 1o A - 5oo V;

5 - transformatorul de curent verificat.

Transformatorul CESU-11o kV, ce urmează a fi verificat, este separat atît de circuitele primare, cît și de circuitele secundare ale instalațiilor, înfășurarea primară și restul înfășurărilor secundare fiind lăsate libere (nescurtcircuitate).

b) Condițiile de execuție a probei

Alimentarea se face cu o tensiune practic sinusoidală, de frecvență industrială. Se crește tensiunea în trepte, începînd de la valoarea zero a acesteia, citindu-se de fiecare dată curentul de mers în gol. Pentru evitarea eventualei magnetizări remanente a miezului magnetic, caracteristica de magnetizare se ridică în sensul crescător, evitîndu-se coborîrea tensiunii pe parcurs sau întreruperea circuitului. Ridicarea caracteristicii se efectuează, de obicei, pînă la un curent de mers în gol egal cu curentul nominal al transformatorului. În cazul în care se urmărește calcularea coeficientului de saturație n, în regim de scurtcircuit stabilizat, caracteristica de magnetizare va depăși tensiunea limită de precizie (a se vedea STAS 4324-7o, pct. 4.5.3.). După ridicarea caracteristicii, tensiunea se reduce la valoarea zero.

În cazul în care valorile curentului de magnetizare nu se pot citi cu ajutorul unui singur ampermetru, este permisă înserierea a două aparate cu domenii diferite de măsură, deșuntate pe rînd, în funcție de domeniul de măsură

Ridicarea caracteristicilor se face pe rînd pentru fiecare secundar în parte. Cu valorile citite se trasează caracteristicile volt-ampermetrice în coordonate normale sau logaritmice.

Un exemplu de trasare a caracteristicilor de magnetizare ale unui transformator CESU-11o kV este dat în fig.3.9.4.

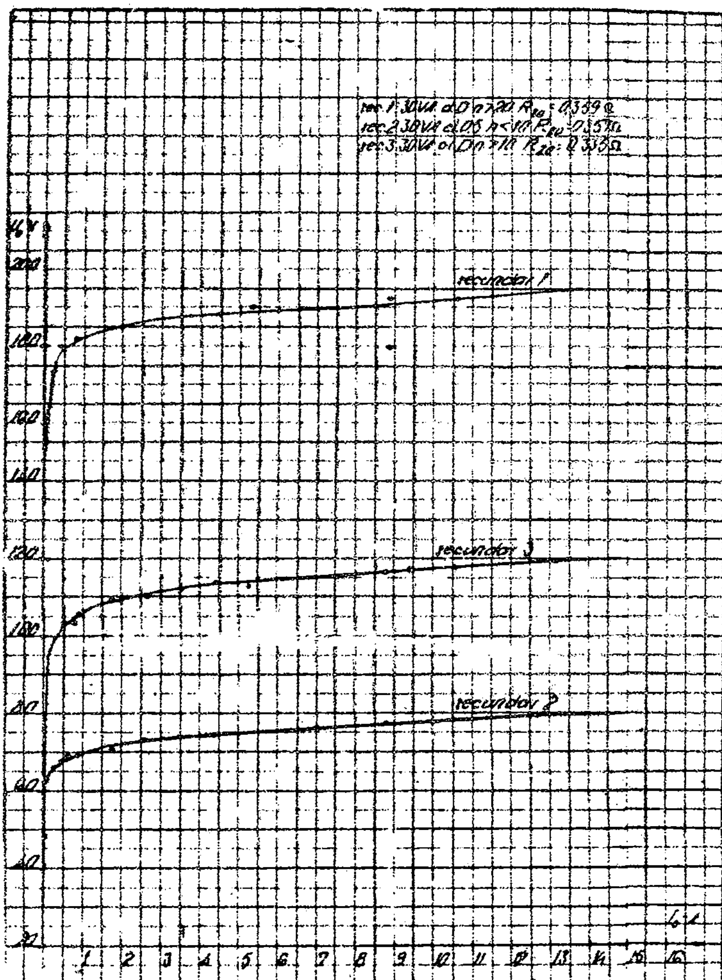


Fig.3.9.4. Caracteristica de magnetizare a transformatorului CESU-110 kV, 1250/5/5/5 A, seria 913.320/1974.

3.9.3. Metodologia ridicării caracteristicilor de magnetizare la transformatoarele de curent CESU-22o și 4oo kV

a) Schema de verificare și utilajul de bază pentru ridicarea caracteristicilor de magnetizare în curent alternativ de frecvență industrială sînt date în fig.3.9.5.

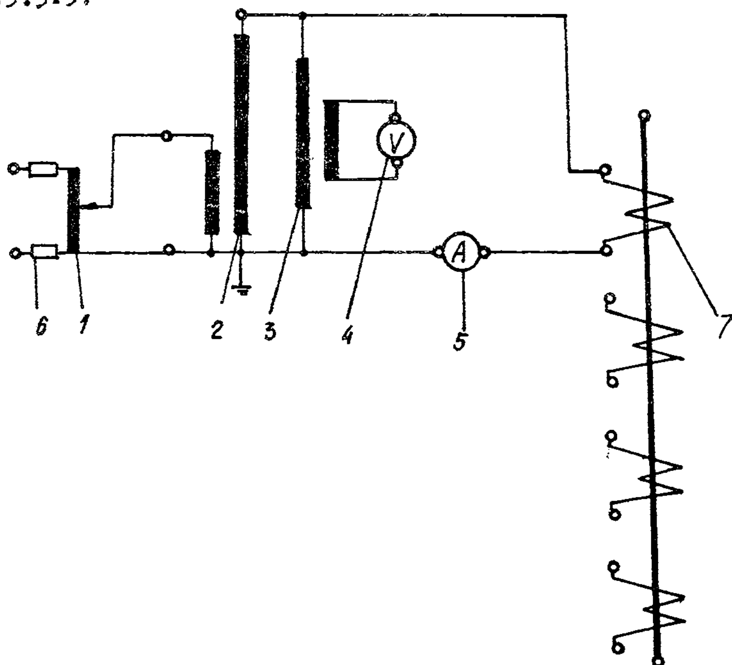


Fig.3.9.5. Schema de principiu pentru ridicarea caracteristicilor de magnetizare la transformatoarele CESU-22o și $CESU_k$-4oo kV.

În fig.3.9.5. notațiile reprezintă:

1 - autotransformatorul reglabil ART-5o, 22o/o .... 245 V;
2 - transformatorul monofazic TAD-1o (existent pe laboratoarele mobile de încercări, fabricate de ICEMENERG 22o/2 x 5ooo V, 1o kVA;
3 - transformatorul de tensiune monofazic:

- $TIRM_o$ -1o; $\frac{1oooo}{\sqrt{3}} / \frac{1oo}{\sqrt{3}} /$ 1oo V

- $TIRB_o$ - 1o;   1ooo/1oo V

Conectarea acestui transformator se face numai în cazul în care gama de măsură a voltmetrului este insuficientă;

4 - ampermetrul electromagnetic de clasă o,5, cu următoarele domenii de măsură:
- pentru înfăşurări secundare de 1 A:
  0 .... 25o mA;
  0 .... 1 A;
- pentru înfăşurări secundare de 5 A:
  0 .... 5oo mA;
  0 .... 5 A.

Atunci cînd ridicarea caracteristicilor de magnetizare nu se face în scopul calculării coeficientului de saturaţie n, se poate utiliza şi un aparat universal cu redresare, de clasă 1,5, cu mai multe domenii de măsură;

5 - voltmetrul electromagnetic de clasă o,5, cu următoarele domenii de măsură;
- pentru înfăşurări secundare de 1 A:
  0 .... 3o V;
  0 .... 6o V;
  0 .... 3oo V cu transformator de măsură auxiliar;
- pentru înfăşurări secundare de 5 A:
  0 .... 15o V;
  0 .... 3oo V;
  0 .... 6oo V;
  0 .... 12oo V (sau transformator de măsură);

6 - siguranţele fuzibile cu patron sau siguranţe automate de 16 A - 5oo V;

7 - transformatorul de curent verificat.

Transformatorul CESU-22o sau 4oo kV ce urmează a fi verificat este separat atît de circuitele primare, cît şi de circuitele secundare ale instalaţiei, înfăşurarea primară şi restul înfăşurărilor secundare fiind lăsate libere (nescurtcircuitate);

b) Condiţiile de execuţie a probei sînt aceleaşi ca la transformatorul CESU-11o kV, cu următoarele precizări:

- caracteristicile de magnetizare se ridică pentru fiecare înfăşurare secundară şi pentru fiecare priză a acestora;

- întrucît în cazul transformatoarelor cu curent secundar de 1 A tensiunile de mers în gol la ridicarea

caracteristicii de magnetizare pentru unele înfăşurări secundare au valori apropiate de tensiunea de încercare a acestora faţă de pămînt (4 kV - 1 min), este necesar ca durata probei să fie cît mai scurtă.

Un exemplu de trasare a caracteristicilor de magnetizare ale unui transformator CESU-4oo kV cu înfăşurările secundare pentru un curent nominal de 1 A este dat în fig.3.9.6.

3.9.4. Măsuri specifice de protecţie a muncii

La ridicarea caracteristicilor de magnetizare pentru transformatoarele CESU-11o kV, întrucît tensiunile aplicate nu depăşesc, în general, 2oo V, se vor respecta măsurile tehnice şi organizatorice de protecţie a muncii pentru executarea de lucrări în instalaţiile electrice de înaltă tensiune. După separarea zonei de lucru, pentru execuţia propriu-zisă a probei, se vor respecta normele de protecţie a muncii specifice pentru încercările cu joasă tensiune.

În cazul transformatoarelor CESU-22o şi 4oo kV, unde tensiunea aplicată atinge valori pînă la 4 kV, se vor respecta normele de protecţie a muncii specifice la executarea încercărilor profilactice în instalaţiile electrice de înaltă tensiune de la o sursă independentă de tensiune mărită, cu următoarele precizări:

- transformatorul ridicător şi transformatorul intermediar de măsură vor avea, obligatoriu, un capăt pus la pămînt printr-un conductor de minumum 4 mm^2 Cu;
- ampermetrul se va monta obligatriu pe legătura la pămînt a secundarului verificat.

Întrucît izolaţia faţă de pămînt a aparatelor de măsură este încercată cu 2 kV - 1 min , aparatul se va monta izolat;

- schimbarea domeniului de măsură al aparatului se face prin şuntare, şi nu prin întreruperea circuitului. Persoana care face schimbarea domeniului de măsură va purta cizme şi mănuşi izolante şi va sta pe un covor izolant.

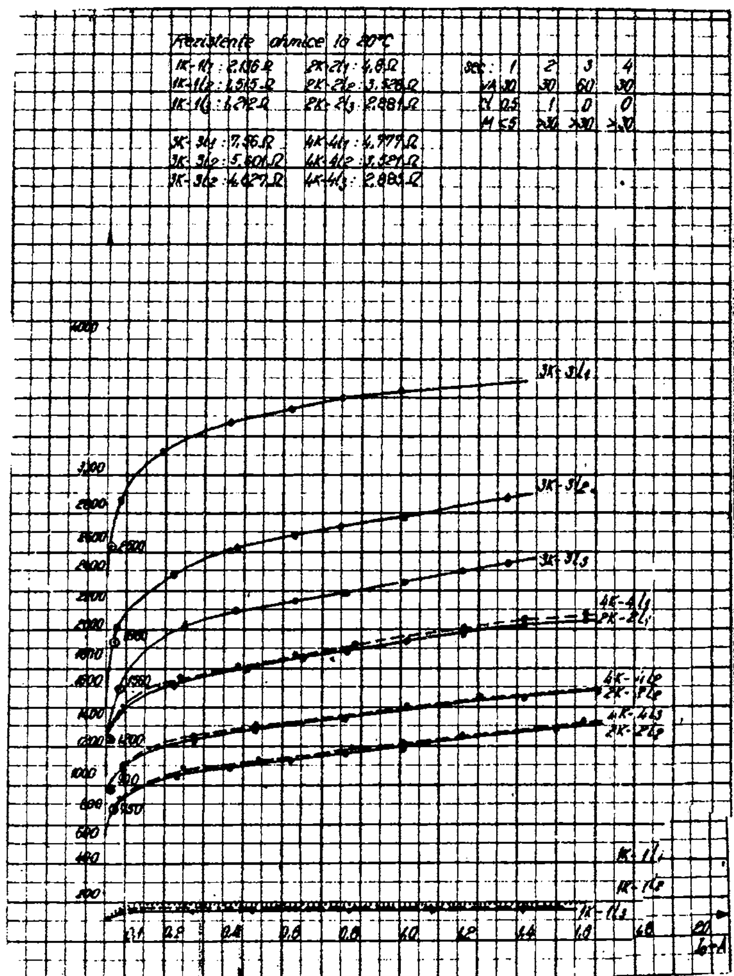


Fig.3.9.6. Caracteristica de magnetizare a transformatorului CESU$_k$–400 kV, 4x400/1/1/1/1A, seria 985.802/1972.